

1 El puente Arriaka Guadalajara [España]

El puente Arriaka está situado en la ciudad de Guadalajara y debe su nombre al primer asentamiento romano en el lugar. Salva el río Henares inscribiéndose dentro del vial Ronda Norte de Guadalajara, dando salida directa a estos tráficos hacia la autovía A-2 evitando que colapsen la vida cotidiana de Guadalajara. El puente Arriaka ordena y estructura el crecimiento urbano del norte de la ciudad. Nace con vocación de "hito urbano" capaz de crear la imagen de la Guadalajara moderna, erigiéndose en el símbolo de un dinamismo como nunca había experimentado la ciudad. La Ingeniería y la Arquitectura se funden en el puente Arriaka, como el hormigón y el acero, para crear un elemento singular y diferenciado en la anatomía de Guadalajara, dando personalidad mediante la forma y escala a todo un entramado urbano. Desde el punto de visto técnico es una clara apuesta por la utilización de las estructuras mixtas en puentes atirantados, optimizando la utilización del hormigón y el acero, expresando las ventajas de cada uno de estos materiales.

Descripción

El puente Arriaka es un puente atirantado de 201 m de longitud, con un vano principal de 100,50 m y una anchura de tablero de 30 m, distribuido en dos calzadas de 12,50 m, una mediana de 3,00 m para ubicar el pilono y los anclajes de los cables y finalmente espacios para ubicar las defensas de protección. El atirantamiento se realiza con un solo plano de tirantes en el eje del tablero. Se proyectan veintiocho tirantes, catorce en el vano principal y catorce en los vanos de retenida. Los



tirantes están formados por varios monocordones galvanizados protegidos con tres barreras para la corrosión. El número de cordones por tirante varía según su posición en el tablero. Los mo-

nocordones están enfundados en vainas de polietileno de alta densidad de color rojo.

El tablero se ha resuelto con una sección mixta de hormigón y acero en el vano principal y de doble acción mixta en los vanos de retenida. La sección del tablero es una artesa metálica de acero mejorado a la corrosión, de canto 2,50 m, de 9,00 m de base inferior, base superior abierta de 11,00 m con dos platabandas de 0,50 m formando las alas superiores, dos almas inclinadas extremas de 2,67 m y un alma central de 2,50 m. El tablero va suspendido cada 6,00 m del alma central mediante unas piezas especiales de anclaje como elemento de transición entre tablero y tirante. En estas zonas se dispone en el cajón de unos diafragmas transversales que transmiten la carga desde el centro del tablero hasta las almas laterales.

Para materializar la plataforma de 30,00 m se anexionan lateralmente al





cajón unas costillas metálicas de 10,00 m de longitud en ambos lados. Estas costillas juegan un papel destacado en la imagen del tablero y aportan una sensación de ligereza a la estructura. Sobre el cajón y las costillas se dispone una losa de hormigón de 25 cm de espesor sobre prelosas prefabricadas.

El pilono, como elemento metálico vertical en el centro del tablero, se diseña como la solución más racionalista, marcando el "hito" que pretende crear este elemento en la ciudad, "hito" claramente de borde de la trama urbana. Se construye como un fuste único de acero mejorado a la corrosión con una sección de 3,00 x 2,55 m. El elemento se resuelve formalmente con una "H" en sentido longitudinal del puente maclada con una doble "T" en sentido transversal. La altura total del pilono es de 58 m medidos desde la cara superior del tablero. La altura desde el terreno natural es de 72 m. Los tirantes se conectan al pilono en la sección en H, en el eje central, separados cada 2,50 m. Cada tirante del vano principal tiene su simétrico en el vano de retenida.

Las pilas principales bajo el pilono son de hormigón armado de color blanco, rectangulares de canto variable, variando su sección desde 4,00 x 3,20 m en arranque de encepado a 2,00 x 3,20 m en cabeza, estando las dimensiones mínimas en cabeza condicionadas por el apoyo tipo POT que se proyecta. La separación transversal entre pilas es de 6,00 m.

Los estribos son convencionales de hormigón armado resueltos con hormigón blanco y muros en vuelta para el derrame de tierras, con cimentación directa. La zona central del muro frontal está regresada para permitir el anclaje del tablero a la cimentación y recoger mediante anclajes con cables de pretensado el vuelco por torsión del tablero.

Las pilas principales soportan cargas muy importantes transmitidas por



el pilono, del orden de 11.000 Tn, por lo que es absolutamente imprescindible la cimentación por pilotes. Se ha proyectado 16 pilotes de hormigón de diámetro 1500 mm, dispuestos en 4 fi-

las de 4 pilotes, la profundidad de estos pilotes es 28 m. Los pilotes se proyectan con camisa de chapa recuperable por existir balsas de arenas inestables intercaladas entre el mioceno.



Se construye un encepado de 14,00 x 15,50 m y canto de 4,00 m, rígido, de hormigón armado.

Construcción

La construcción del puente comienza con la ejecución de las cimentaciones; todos los pilotes se controlaron mediante el método "cross-hole" de ultrasonidos en toda su longitud, realizando posteriormente inyecciones en punta.

El tablero y pilono metálico fueron ejecutados en taller, mientras se avanzaba en la construcción de pilas y estribos. El cajón metálico, por la anchura de la sección transversal, se dividió en tres partes para el transporte: la central que incluye el alma central y las dos laterales, de las que forman parte las almas inclinadas exteriores.

La longitud de estos tramos para el transporte fue de 15 m, lo que equivale a un peso aproximado de 40 Tn por tramo. Estos tramos se izaron y se colocaron apoyados sobre pilas-pilote provisionales de 650 mm de diámetro. Posteriormente se les dio continuidad transversal y longitudinal por soldadura, disponiendo así íntegramente del cajón metálico y anexionándole las costillas metálicas laterales.

Una vez terminado el cajón metálico se colocaron las prelasas prefabricadas centrales sobre el cajón y se hormigonó sobre ellas una anchura de 11,00 m, correspondiente al tramo entre almas exteriores. Posteriormente se colocó el pilono que fue traído desde taller en siete piezas soldándose en obra, generando dos tramos de 170 Tn cada uno que se montaron en el tablero con grúa.

Colocado el pilono se procedió al enfilado de cables y un tesado con gato monocordón para eliminar la catenaria. Realizadas las operaciones anteriores se procedió a un primer tesado de la estructura, aliviando así las pilas-pilote de carga. Este tesado fue aproximadamente un 50% del tesado definitivo.

Posteriormente se colocaron las prelasas sobre los voladizos y se hormigonaron las losas laterales, se impermeabilizó el tablero y se extendió el aglomerado, tras lo cual se realizó el segundo tesado llegando al 100% de la carga de tesado y suspendiendo íntegramente el puente en el aire. Demolidas las pilas-pilote se procedió al control de todos los tirantes y al retesado de algunos de ellos.

Prueba de carga

Terminada la estructura se realizó la prueba de carga para lo cual se colocaron en el puente 40 camiones de 35 Tn cada uno, un total de 1.400 Tn, en las posiciones más desfavorables, incluso en la pésima de torsión: 20 bañeras en la calzada izquierda y sin carga en la calzada derecha. La flecha máxima alcanzada por el puente fue de 95 mm, con una precisión de + 2 mm.

El puente ha estado sometido a un riguroso control de la ejecución, que se resume brevemente:

- Todos los pilotes fueron ensayados por el método de "cross-hole" por ul-

trasonidos, tres de ellos fueron reparados por la técnica de agua a presión e inyección posterior con lechada.

- En la estructura metálica se realizó un exhaustivo control de las soldaduras, en obra y taller, con 2.000 ml de longitud de soldadura de inspección por ultrasonidos, 580 ml inspeccionados por partículas magnéticas y 467 placas de radiografía.

El puente fue instrumentado con bandas extensométricas, células de carga, clinómetros y termómetros, dispuestos en posiciones claves de la estructura que permitían conocer en tiempo real las tensiones, deformaciones y temperatura existentes en el puente durante las fases de tesado. Estos datos se mostraban en una página de Internet, actualizándose cada 10 minutos, de tal forma que el ESTUDIO AIA, podía tomar las decisiones para indicar a la obra la tensión que debían dar a cada tirante en el momento de tesado, corregido según las temperaturas en ese momento y las desviaciones ocurridas en los otros tirantes. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha
Proyecto:	–Ramón Sánchez de León. Ing. Caminos, Caudales y Puertos –Francisco Sánchez de León. Arquitecto
Empresa constructora:	Ferrovial-Agromán, S.A.
Presupuesto:	24.321.226,44 Euros
Fecha de acabado:	Julio 2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:
Tipo: Atirantado.

- Longitud total: 201,20 m
- Vanos: 100,50 + 58,50 + 42,00
- Luz máxima: 100,50 m
- Anchura del tablero: 30,00 m
- Altura del pilono: 58,00 m sobre tablero
- Tirantes: simétricos respecto del pilono. Un plano central de 28 tirantes.
- Tablero: Cajón de doble acción mixta bicelular con grandes voladizos mediante costillas mixtas e 10,00 m.
- Cimentación: Profunda mediante pilotes para las pilas y directas en estribos.
- Sistema constructivo: Pilas provisionales y tesado.



La pasarela peatonal metálica atirantada «Agro» se construyó durante el año 2006 en la rotonda de O Seixedo, en el término municipal de Arteixo, en la provincia de La Coruña. La rotonda es un importante nudo de comunicación en el que concurren cinco viales con una intensidad de tráfico muy elevada, confluyendo en la misma todo el tráfico de acceso al núcleo de Arteixo, a la zona Norte, el Polígono de Sabón y, en un futuro no muy lejano, al puerto Exterior de La Coruña, con un importante movimiento de mercancías y de tráfico pesado. El elevado tráfico viario que discurre por esta zona, sobre todo en horas punta, la convertía en una barrera física que imposibilitaba una circulación peatonal segura.

La pasarela surge para dar continuidad a los recorridos peatonales necesarios, sobrevolando el acceso a la autovía A52, que posee un elevado tráfico de vehículos, con origen y destino en las áreas periféricas de La Coruña, Arteixo, Carballo, polígono de Sabón y la obra del Puerto Exterior. El proyecto buscó dar continuidad al trazado peatonal con una estructura singular que sirviese de enlace visual entre las distintas zonas convirtiéndola, al mismo tiempo, en el elemento de referencia que enmarcase la entrada a Arteixo.

La ubicación de la Pasarela estuvo condicionada por la ausencia de grandes espacios libres, ya que las áreas supuestamente libres eran espacios ya consolidados. Como cabía esperar, los condicionantes existentes en la zona determinaron el diseño de la pasarela. La pasarela se posicionó, en uno de sus extremos, sobre el cauce fluvial que constituye la cabecera del embalse que suministra agua al Polígono de Sabón. En el lado opuesto, la existencia de una parcela pú-



blica permitió desarrollar la otra rampa de acceso, aunque su reducida longitud condicionó el trazado de la misma.

La situación y los arranques de la pasarela, se diseñaron para provocar en el peatón un acercamiento visual a la obra creada, produciendo una primera toma de contacto previa a su utilización, lo que proporciona una visión clara del recorrido a realizar. Todo ello se enfatiza con la disposición de luminarias en los extremos, que aportan una referencia visual permanente del inicio y el final del trayecto.

La pila central es el hito de referencia, el elemento más visible y la referencia permanente en las visiones lejanas de la obra, mientras que los tirantes contrapesan la aparente "inestabilidad" de la obra.

La sencillez de los elementos empleados permite una clara lectura de la estructura. Un tablero estructural en forma de espina formado por un tubo metálico trabajando a torsión que recibe unas ménsulas, que se apoya o se suspende según el área que sobrevuela: el espacio libre o la calzada. Al esqueleto estructural se sobrepone la piel formada por un tablero de madera que se independiza de la estructura de forma que el aire "fluye" entre sus poros. Las tablas de madera se dispusieron en sentido transversal, ranuradas, para mejorar la adherencia del pavimento.

La barandilla metálica constituye el remate final de la idea, con un diseño de extrema ligereza, realizado con un material diferente, el acero inoxidable, sin querer quitar protagonismo a la ele-



vada esbeltez del tablero, que sólo es superada por estructuras con tipología de banda tesa. El pasamanos potencia la linealidad de la pasarela, mientras que los montantes verticales marcan el ritmo, acercándonos a la escala humana.

Se ha proyectado una iluminación para enmarcar los elementos estructurales verticales: pila central, pilares, estribos y tirantes, de forma que resalten el alzado de la pasarela. Se ha dispuesto, además, una iluminación enrasada en el tablero mediante leds empotrados de forma que, en la visión nocturna, se enmarque el recorrido zigzagueante.

Memoria de ejecución

La pasarela peatonal atirantada "Agro" diseñada sin juntas de dilatación, tiene una longitud total de 160 metros. La planta de la obra tiene la forma de una "S" suave, compuesta por tres radios de curvatura. El radio central es de 55,00 metros, mientras que los radios extremos, que se corresponden con las rampas de la pasarela, son de 27,50 metros y 275,00 metros respectivamente. El

tramo central está formado por dos vanos continuos, con una longitud total de 60 m, con un trazado parabólico diseñado con una relación flecha/luz de 1/32 avo. Cada rampa discurre en dos vanos de 17,50 m de longitud cada uno, con una pendiente constante del 10% hasta sobrevolar el borde de la calzada. La ti-



pología definida permite conseguir un gálibo superior a los 5,50 m en los bordes de la calzada actual.

El tramo central de la pasarela está suspendido del borde interior del tablero, para permitir construir en el futuro un paso inferior por debajo del mismo, hecho que constituyó una condicionante del proyecto.

La suspensión del vano central se realiza mediante 12 tirantes, que partiendo del borde exterior van a una pila inclinada ubicada en el eje de la calzada. Los cables "entran" en la pila a diferentes alturas proporcionando un alzado en forma de doble arpa simétrica. Cada tirante está formado por tres cordones de 0,6" compuesto, cada uno de ellos, por 7 alambres galvanizados, inyectados con cera petrolera, protegidos con una vaina exterior de polietileno, de color blanco, resistente a los rayos ultravioleta del sol. La pila central se diseñó inclinada con un ángulo 68° con respecto a la horizontal, separándose de la pasarela con la altura. La altura máxima en vertical es de 32,50 m. Los tirantes acometen a la pila desde la cota +10,75 m hasta la cota +30,00 m. El equilibrio de la pila en sentido transversal exigió la disposición de un contratirante que partiendo del terreno acomete a la pila a la cota +22,30 m. La pila de sección uniforme es un tubo de 609,6 mm de diámetro y 14, 2 mm de espesor. En el tramo inferior de la pila, el tubo tiene un espesor de 20 mm.

La sección transversal del tablero es muy simple. El ancho total es de 313,5 cm, estando integrado en esta magnitud la plataforma pisable de 200 cm de ancho, dejando sendos vacía a ambos lados de la misma. El pavimento está formado por una madera de IPÉ, caracterizada por su gran compacidad y alta densidad.

La estructura, constante a lo largo de toda la pasarela, está formada por un tubo de acero de 508 mm de diámetro y 16 mm de espesor, al que acometen unas ménsulas de canto variable. Las ménsulas están separadas 1,67 m entre

sí. El canto máximo de las ménsulas, de 210 mm, se produce en el empotramiento con el tubo y el canto mínimo de 70 mm se produce en el extremo del vuelo. El borde de las ménsulas está unido por un tubo de 127 mm de diámetro y 10 mm de espesor. La estructura se triangula, rigidizándola transversalmente con tubos de 44,5 mm de diámetro, en las zonas con esfuerzos horizontales significativos.

Los pilares de la rama están formados por tubos metálicos de 457,2 mm de diámetro y 20 mm de espesor. La base de los pilares es un enano tronco cónico de hormigón armado. La base menor tiene 750 mm de diámetro y sus generatrices tienen una pendiente del 7,5%. La cota superior de todos los enanos es la +0,70.

El estribo en el lado Coruña es un macizo de hormigón. El estribo en el lado Arteixo está formado por un elemento de hormigón que está sustentado por tres vigas, a modo de puente pérgola, que van a dos muros de contención de hormigón, de 50 cm de espesor.

El terreno de cimentación era muy débil en la zona superior, existiendo rellenos antrópicos y lentejones de arena, hasta una capa de jabre en la que van apareciendo bolos graníticos inmersos, y finalmente la roca granítica, con una dureza que aumenta con la profundidad. Para cimentar se diseñaron micropilotes de 150 mm de diámetro armados con una barra Gewi de 40 mm de diámetro, con doble protección frente a la corrosión. Los pilotes se han calculado para una carga admisible de 24 toneladas, introducidos en jabre y/o en roca.

La cimentación de los cuatro pilares metálicos está formada por un encepado de hormigón armado de 3,40*3,40*1,20 m, sustentado por 8 micropilotes. La conexión del pilar metálico con el enano de hormigón se realiza a través de una chapa metálica, convenientemente rigidizada, que está anclada con 11 barras Gewi de 40 mm de diámetro.



La cimentación de la pila y del contratirante se realiza en un encepado central corrido que permite recoger los momentos de eje vertical. El encepado

tiene 2,20 m de ancho, 17,21 m de longitud y 1,30 m de canto. Este encepado está micropilotado con 12 micropilotes análogos a los descritos. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Excmo. Ayuntamiento de Arteixo (La Coruña) –Carlota Pita Pita – Ing. Caminos, Canales y Puertos
Proyecto:	–Antonio González Serrano. Ing. Caminos, Canales y Puertos. Director de Obra. –Julio Besiga Díaz-Blanco – Arquitecto
Empresa constructora:	UTE Agro –M ^º Luisa García Crespo, S.L. Construcciones López Cao, S.L.
Presupuesto:	726.000 Euros
Fecha de acabado:	Diciembre 2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:

- Longitud total: 160, m.
- Trazado en planta: Forma "S" suave, formada por tres radio de 275 m, 55 m, y 27,50 m. Tramo central atirantado de 60.
- Rampas de acceso: Cada rama está formada por dos vanos de 17,500 m, con directriz curva.
- Suspensión: Mediante 12 tirantes excéntricos.
- Pila: Recta de 32,50 m de altura en vertical, inclinada 68°, de 60,96 cm de diámetro.
- Gálbo: mínimo, en borde de la calzada de 5,50 m.
- Contratirante: Un único contratirante anclado en la mediana.
- Sección del tablero: Ancho total de 313,5 cm.



La estructura ejecutada es un viaducto mixto de hormigón y acero con vano principal atirantado. Esta solución estructural resuelve de forma elegante el paso sobre el Barranco de la Ballena, con la mínima afección posible a los usos futuros que se den en dicha localización y salvando la presencia del túnel que discurre bajo el puente.

La elección del atirantamiento del vano principal se debe a la presencia del túnel artificial, que intersecta de forma esviada la alineación en planta del nuevo vial convirtiéndose en el principal obstáculo que hay que salvar. Se ha repartido el tablero en una distribución de luces de 100.0, 42.0, 42.0 y 36.0 m, con lo que se consigue optimizar la permeabilidad transversal del viaducto.

La obra cumple con varios objetivos: facilita y mejora la conexión entre los barrios de Escaleritas y Feria del Atlántico aisladas por el barranco y optimiza los niveles de servicio en los dos principales enlaces de la autovía de penetración, enlace de la Ballena y enlace de Escaleritas, que se encuentran en la actualidad soportando unos niveles de tráfico cercanos a su saturación.

En la concepción y diseño de este viaducto se tuvo en cuenta el carácter eminentemente urbano y el espacio recreativo y lúdico del futuro Parque Deportivo de la Ballena. Por este motivo, se valoró una percepción estética adecuada del viaducto desde tres puntos de vista:

1. Desde el punto más alejado y global, el eje vertebrador de la estructura lo constituye el esbelto mástil metálico del que parten los cables portores y de retención. Este elemento, de formas suaves, se eleva hasta una altura de 37.0 m sobre el

suelo y se erige en un auténtico hito visual de referencia. Las propias necesidades de espacio para alojar los cables de retención dan pleno sentido a la glorieta de entrada al puente, que distribuye los tráfico de entrada y salida.

La solución de tablero mixto acero-hormigón permite proyectar un atirantamiento poco agresivo y, a su vez, materializar un canto reducido en la sección transversal que configuran una unidad estructural esbelta y aligerada.

2. Desde el punto de vista de los usuarios que paseen por el parque, se ha cuidado el diseño de la sección transversal, puesto que el viaducto va a ser contemplado desde abajo. A este respecto, la sección transversal está formada por un cajón metálico de 12,50 m de anchura, con fondo curvo y almas laterales inclinadas. La forma curva permite suavizar los contornos, re-

duciendo el canto en el extremo hasta alcanzar un valor de 1,20 m.

Otro elemento importante son las pilas que refieren la estructura al fondo del barranco y que se muestran como antítesis de los tirantes y del mástil, elementos que tienden a elevar el foco de atención a un plano superior. Se ha elegido una tipología de pila austera, monofuste de sección circular constante, quebrado con rehundidos que aportan un mayor relieve. En su concepción han prevalecido los factores estéticos y de permeabilidad visual, la altura de la rasante no supera más de 10-12 metros. De esta forma, se han dispuesto pilas que suministran un único punto de apoyo a la sección transversal del puente, se han evitado todo tipo de cabezales o recrecidos en la parte superior de las pilas, con lo que el necesario empotramiento a torsión del tablero se lleva a cabo





únicamente en los estribo, materializándose una luz total de torsión de 220 m.

- Desde el punto de vista del usuario del puente, se ha proyectado una estructura totalmente abierta a los peatones. La anchura del tablero es de 21,5 m, lo que permite alojar, además de dos calzadas con dos carriles de 3,25 m para cada sentido de circulación, dos potentes aceras de 3,0 m de anchura cada una y una mediana central de 2,50 m. Estos espacios peatonales equilibran la distribución de tráficos en el puente, invitando a hacer uso de la estructura como elemento real de conexión entre los barrios.

Así mismo, esta especialmente cuidada la iluminación ornamental, destacando los elementos esenciales de la estructura, y perfectamente integrada dentro del entorno lumínico ya existente.

Descripción

Pilas y Estribos

Las 3 pilas se han resuelto en alzado mediante fustes de sección circular y ra-

dio constante. El diámetro de estos fustes es de 2.000 mm y en él se han embebido 6 perfiles UPN 140 que dan relieve a la sección transversal. La altura de estos fustes varía entre 10.0 y 12 m.

La cimentación de las pilas se ha realizado mediante pilotes de 1800 mm de diámetro que atraviesan el estrato de rellenos heterogéneo, hasta empotrarse en el conglomerado cementado de la formación detrítica. Las pilas 1 y 2 están cimentadas con 6 pilotes y con un encepado rectangular de planta 9 x 11 m y 2.75 m de canto. La pila 3 dispone de 4 pilotes y encepado cuadrangular de planta 9 x 9 m y canto 2.75 m.

El estribo E1 coincide con el extremo en el que se ubica el mástil del atirantado. Debido a esto y a la necesidad de realizar el anclaje de los tirantes, este estribo se caracteriza por tener una geometría especial. El cuerpo principal del estribo se resuelve mediante un fuste macizo de canto constante, siendo el canto adoptado de 1.60 m. En el trasdós del estribo se ejecuta un macizo de hormigón sobre el que apoya el mástil del tablero. Para embellecer el alzado del estribo, se plantea una solución mediante muros de tierra armada ornamentales que recubren el alzado del estribo y que

nos permiten a su vez contener las tierras del terraplén que dan acceso a la estructura.

Otra parte importante del estribo es la constituida por los elementos que actúan como contrapeso del anclaje de los tirantes traseros. Para ello, se han proyectado dos macizos de hormigón de 8.5 m de profundidad y de 12 x 12 m en planta. En estos macizos se realiza el anclaje de los tirantes traseros.

La solución propuesta para el estribo 2 es la de un estribo "mixto", en la que la misión de contención de tierras se ha confiado a un muro de tierra armada ornamental, mientras que las cargas directamente provenientes del tablero se transmiten al terreno a través de dos fustes de hormigón armado de sección circular de 2.000 mm de diámetro que descansan sobre sendos pilotes f1.800 mm aporricados por un encepado lineal.

Tablero

El tablero es una sección cajón metálica con losa superior de hormigón. Tiene una anchura de 12.50 m, con fondo curvo, y canto máximo de 1.60 m en el eje y mínimo de 1.116 m en los extremos. En la zona de pila es necesario invertir la sección, quedando la estructura metálica cerrada superiormente con chapa y reforzada inferiormente por una capa de hormigón. La sección se completa con voladizos metálicos de 4.50 m de longitud separados a distancia de aproximadamente 4.0 m. Sobre la estructura metálica se dispone una losa de hormigón armado de 20 cm de canto.

Mástil y tirantes

El mástil tiene como misión fundamental conectar los cables portores, que sujetan al tablero, con los de retención, que afianzan la reacción contra el terreno, resultando un elemento esencialmente comprimido. Su altura total es de 35.63 m. La sección del mástil es metálica, estando formada por chapas de





entre 20 y 60 mm de espesor que constituyen tres cuerpos. El cuerpo central está constituido por un segmento de circunferencia, de cuerda variable con la altura y una chapa recta trasera, que constituyen el elemento resistente fundamental, y dos brazos paralelos a los tirantes de retención que guían a estos. La transmisión de esfuerzos entre cables se encomienda a dos diafragmas horizontales formados por chapas de entre 30 y 50 mm, situados por encima y por debajo del plano de tirantes.

Se han dispuesto 10 tirantes portantes y 20 de retención, formando los cables de retención un ángulo en planta de entre 15 y 21° con su correspondiente cable portante. Los tirantes están formados por un número variable de torones de 15,7 mm de diámetro.

Proceso constructivo

Para la elección del proceso constructivo ha sido necesario tener en cuenta las peculiares características del emplazamiento de la estructura, como son:

- Presencia de un falso túnel en la zona del vano 1.

- Pobres características tenso-deformacionales del terreno superficial.

El montaje de los tramos metálicos se realizó en obra sobre bancadas de apoyo, y se izaron a su posición definitiva apoyándose en puntales provisionales que acortan la luz libre entre pilas. De esta forma, el vano 1 dispone de dos apoyos provisionales, a 15 m del estribo

1 y a 22 m de la pila, salvando así el falso túnel que discurre enterrado a poca profundidad. Los vanos 2 y 3 están apeados en centro de luz, y el vano 4 se izó en un solo tramo.

Paralelamente a estos trabajos se procedió al montaje del mástil metálico situado en el estribo 1.

Las fases de montaje pueden resumirse en el siguiente esquema:

- Fase 1. Ejecución de pilas y estribos.
- Fase 2. Izado de tramos metálicos e izado de mástil.
- Fase 3. Hormigonado de losa de fondo.
- Fase 4. Tesado parcial 1.
- Fase 5. Hormigonado de losa central.
- Fase 6. Hormigonado de voladizos.
- Fase 7. Retirada de apoyos provisionales.
- Fase 8. Tesado parcial 2.
- Fase 9. Colocación de carga permanente.
- Fase 10. Tesado final.

La ejecución de la losa de hormigón se realizó con ayuda de prelasas prefabricadas, que sirven de encofrado y a su vez se incorporan a la sección resistente final. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Excmo. Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria. Cabildo de Gran Canaria.
Proyecto:	APIA XXI, S.A. –Marcos J. Pantaleón Prieto – Director Obras
Empresa constructora:	Dragados, S.A.
Presupuesto:	9.752.534,72 Euros
Fecha de acabado:	Septiembre 2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:

- Estructura eminentemente urbana, que dota de gran sentido espacial una zona de la ciudad en constante crecimiento.
- Viaducto mixto de hormigón y acero con vano principal atirantado.
- Longitud total de 220 m.
- Altura del mástil metálico: 37 m.
- Tablero: cajón metálico de 12,50 m.



4

Puente sobre el río Tajo. Arcos de Alconétar. Autovía Ruta de La Plata A-66. Tramo: Cañaverál-Hinojal.

Cáceres [España]

En el tramo de la "Autovía Ruta de la Plata A-66, Tramo: Plasencia (Sur)-Mérida, Subtramo Cañaverál (Este)-Enlace Hinojal, Provincia de Cáceres", destaca como estructura singular, el puente "Arcos de Alconétar sobre el río Tajo. En esta área, la autovía cruza el río Tajo en zona de influencia del embalse de Alcántara necesitando construir un puente sobre el curso permanente del agua. El valle tiene forma de "V" con laderas de unos 30º de inclinación y una profundidad de 115 m, de los cuales 58 están por debajo del nivel máximo normal de embalse. La altura de la rasante de la autovía sobre la cota de máximo embalse es de unos 57 metros, desarrollándose el trazado en planta recta, y en el alzado un acuerdo cóncavo de parámetro 25.000.

Marco Socioeconómico

La Autovía Ruta de la Plata toma su nombre de la calzada romana que dis-

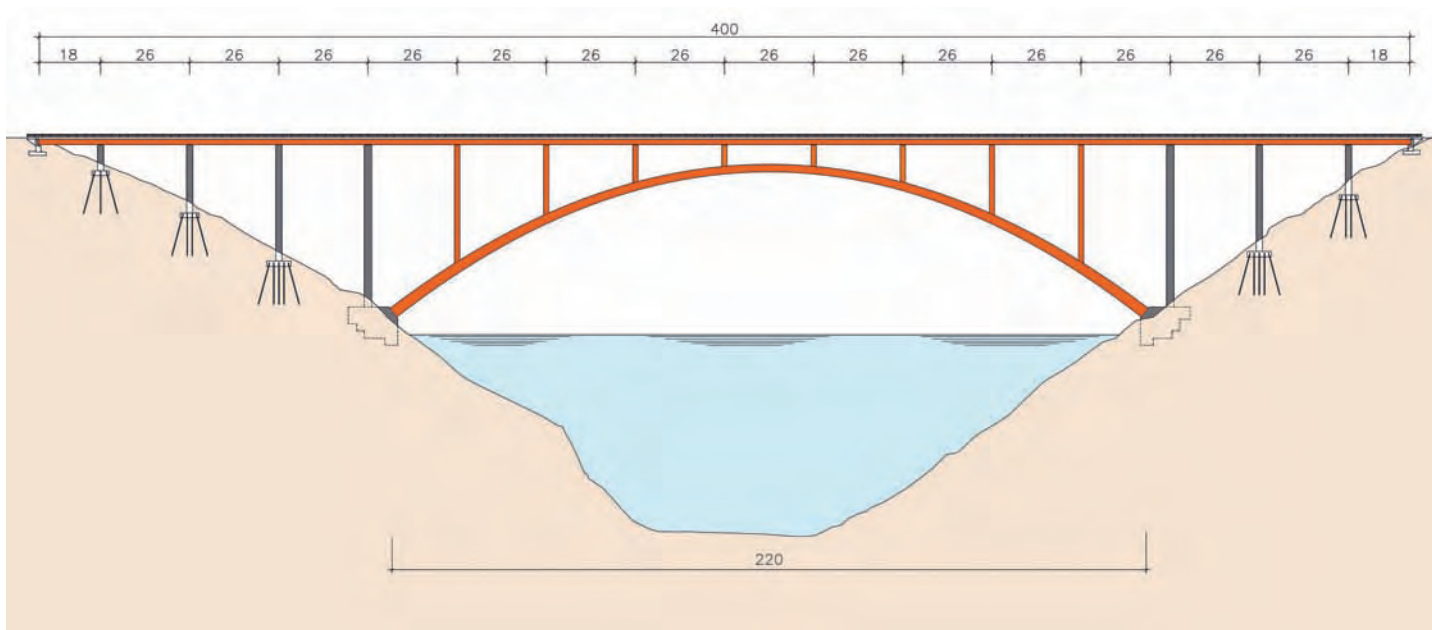
curría por el oeste de la Península Ibérica poniendo en comunicación Mérida, capital de la provincia romana de Lusitania, con los dos principales campamentos militares romanos del noroeste, Astorga y León, encargados de la vigilancia de las regiones septentrionales peninsulares y de la explotación de sus importantes yacimientos mineros, fundamentalmente auríferos. Posteriormente, durante la Edad Media fue utilizada como cañada ganadera en la trashumancia de los pastores de Extremadura que suben a los pastos de verano de los Montes de León.

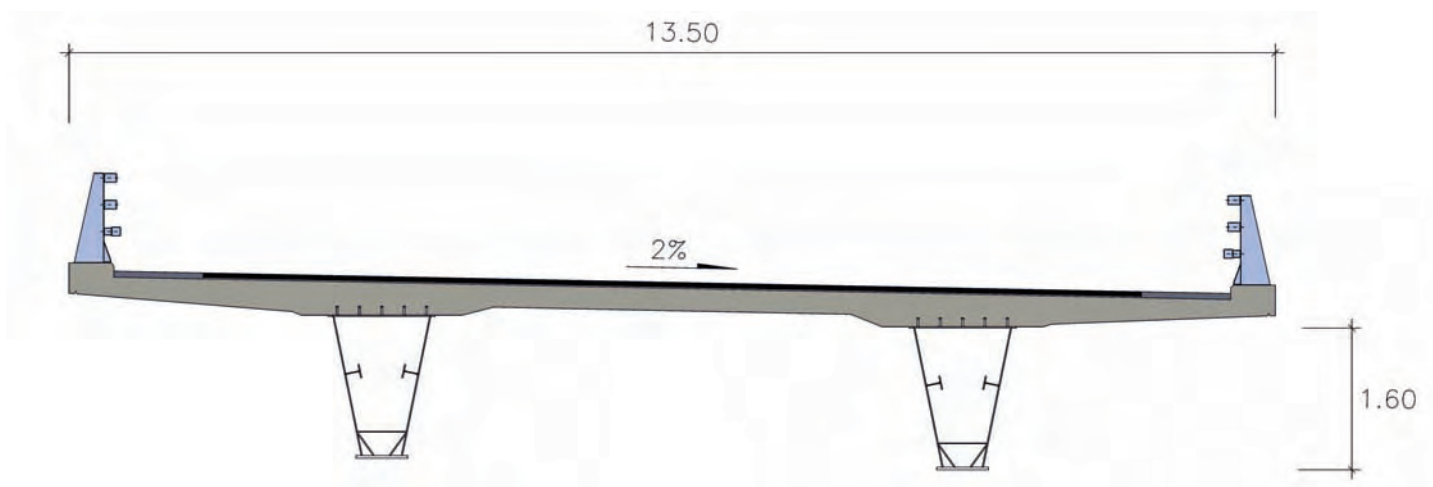
Muestra de la presente importancia de los corredores donde se incluyen las estructuras objeto de la presente propuesta, es que formarán parte de la red de carreteras estructurante del territorio español, y en concreto de los ejes destinados a romper el esquema radial tradicional.

Más en concreto, los Arcos de Alconétar se incluyen en el tramo de auto-

vía Cañaverál-Enlace de Hinojal, que con una longitud de 14,4 km, tiene su origen entre la carretera N-630 y el embalse de Alcántara, en la ladera sur del Puerto de los Castaños. Desde este punto la autovía discurre paralela a la actual carretera a unos 2,5-3 km hacia el este, con una orientación prácticamente norte-sur. Superado el enlace de conexión con la población de Cañaverál surge la necesidad de cruzar la línea ferroviaria Madrid-Lisboa y más al sur el río Tajo. Para salvar este último accidente se requiere construir la estructura singular formada por dos puentes gemelos, objeto de la presente propuesta. El final de la obra está establecido junto al enlace de conexión con la carretera autonómica SX-373 que une la propia carretera N-630 con las poblaciones de Hinojal y Talaván.

La obra ha mantenido en todo momento un profundo respeto por el medioambiente, puesto de manifiesto en aspectos tales como:





- Se ha considerado la presencia de la Calzada Romana de la Plata, de acuerdo con los últimos estudios que han actualizado el conocimiento de su trazado y estado de conservación, llegándose a modificar la traza de la autovía para eliminar varios cruces con la misma.
- Se han diseñado pasos de fauna de acuerdo a las necesidades de la movilidad en los distintos tramos del corredor.
- Se ha realizado la prospección arqueológica de la banda de trazado, planteándose un plan de actuación arqueológica en coordinación con el plan de obra.

Descripción de la obra

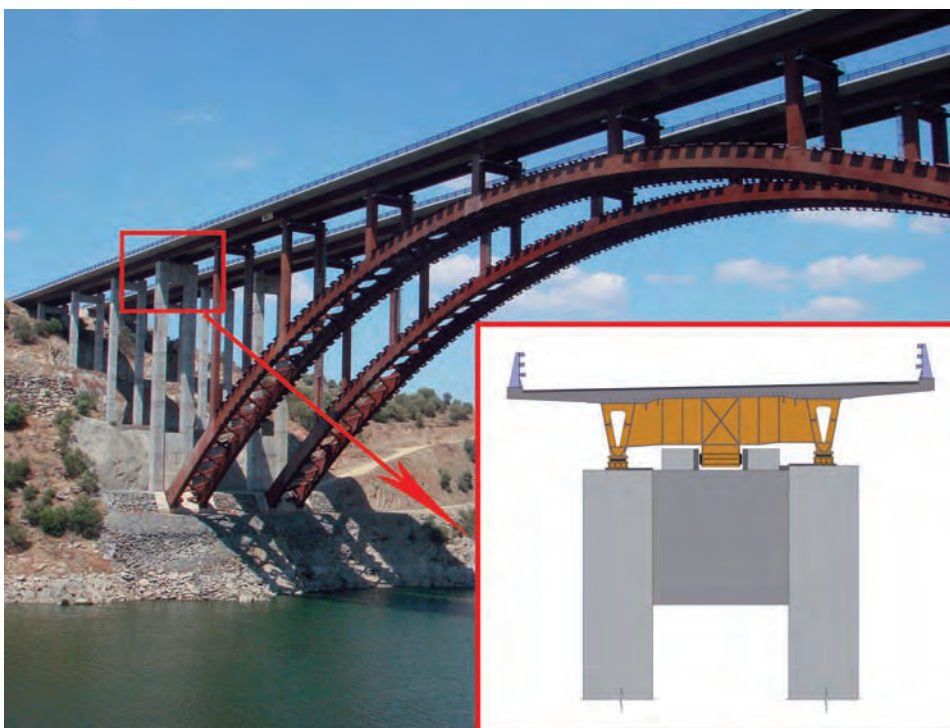
El puente está formado por dos estructuras gemelas de 399,75 m de longitud, cada una de las cuales está constituida por un arco metálico de tablero superior con una luz de 220 metros, y 42,50 m de flecha, lo que arroja una relación de 5 muy habitual en este tipo de estructuras. Los arcos están empotrados en arranques situados a la cota 224,00 por encima de la cota de máximo embalse que se sitúa a la 218,00. Todos los pilares, de acero sobre el arco y de hormigón sobre laderas, están situados a 26 metros entre ejes. Cada uno de los arcos está formado por dos piezas longitudinales con sección de cajón de 1,20 m



de anchura cuyo canto varía de 3,20 m en la base hasta 2,20 m en la clave, arriostradas entre sí por una sucesión de módulos formados también por piezas cerradas con sección cajón, con disposición en cruces de San Andrés. El interior del arco es visitable en toda su longitud, estando provisto por ello de los correspondientes pasos de hombre, así como accesos, escaleras y plataformas

que lo hacen accesible para inspección y conservación de todos sus elementos tanto interior como exteriormente desde ambas laderas. Los arranques del arco se cimientan directamente en macizos de hormigón con una dimensión transversal de entre 11,00 y 12,5 m. Su forma escalonada se adapta a la topografía de las laderas con una altura máxima de 10,95 m.





En los arranques, cada una de las dos piezas que forman el arco metálico, está vinculada rígidamente a la cimentación mediante una unión pretensada formada por 28 barras de 50 mm de diámetro y 1820 kN de carga unitaria de rotura.

Las pilas de laderas contiguas al embalse son de hormigón y se apoyan mediante zapatas que recogen micropilotes de 200 mm, y se han dispuesto en grupos de 3 a 5 filas x 5 micropilotes. Los fustes son de sección rectangular de 1,49 x 1,20 m, y están unidas por un dintel en su coronación.

Los estribos tienen cimentación directa, y están anclados en la roca para soportar los esfuerzos derivados del proceso constructivo del arco. Se han realizado dos anclajes por estribo de 19 cables de 0,6 pulgadas de diámetro cada uno, con una longitud de unos 48,50 m, complementado con 10 anclajes por tación en cada estribo realizados con barras de 32 mm de diámetro de 10,00 m de longitud.

Los tableros están constituidos por un tramo continuo de estructura mixta de acero-hormigón con vanos intermedios de 26 m y extremos de 17,875 m. La par-

te metálica está formada por dos vigas con sección cajón de 1,60 de canto, conectadas superiormente a la losa de hormigón mediante miles de conectores. El espesor de la losa de hormigón varía de 0,25 m en sus extremos y centro de sección hasta los 0,365 m en la con-



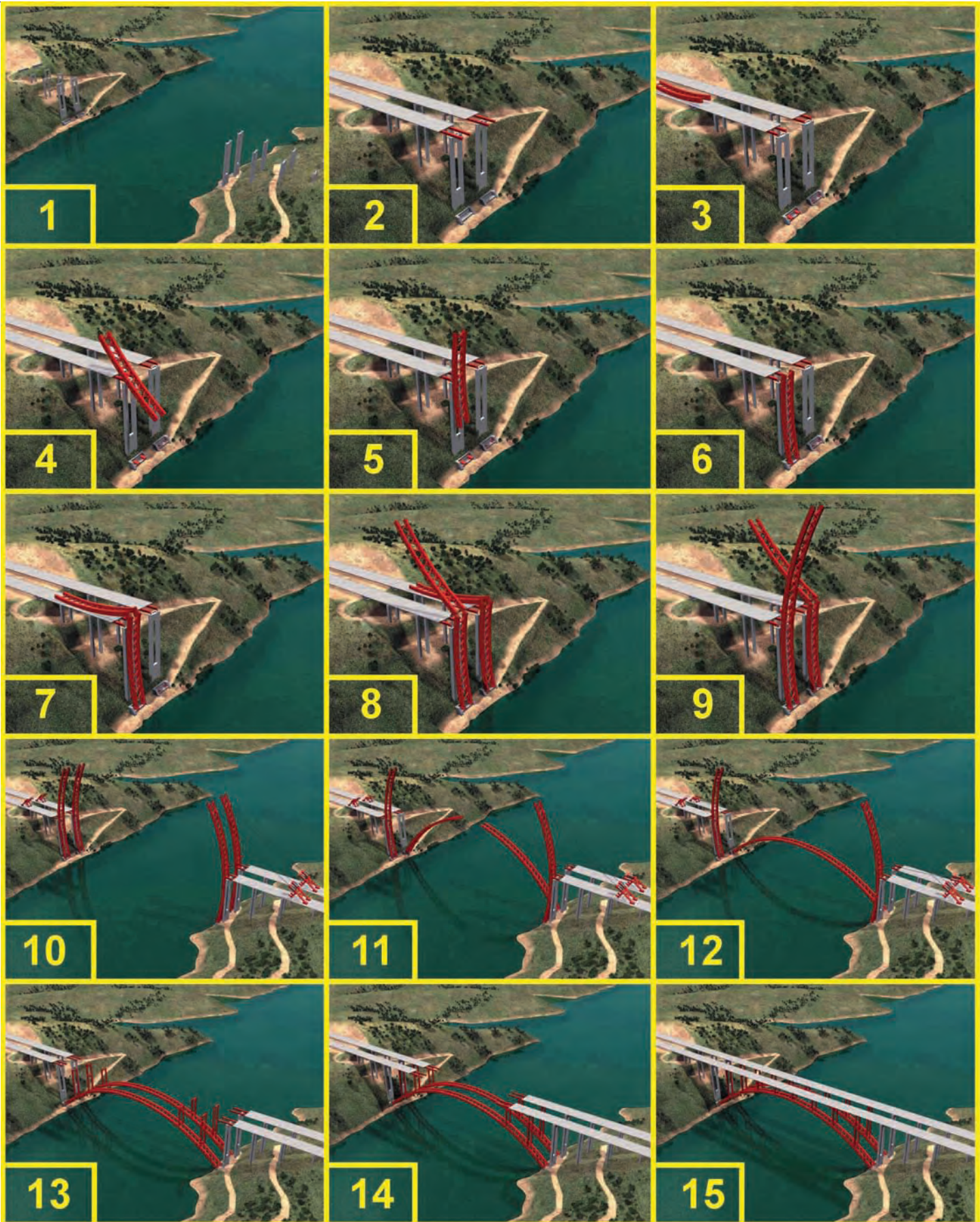
xión a las vigas metálicas. La losa se ha realizado con un hormigón HA-35 "in situ" sobre las vigas, con un encofrado deslizante en el parque de montaje tras los estribos, excepto los 28 m centrales que se resolvieron mediante prelasas prefabricadas en obra y colocadas una vez cerrado el arco.

El acero que constituye la totalidad de la estructura metálica es del tipo CORTEN, es decir, acero autopatinable con aleaciones de cobre y otros metales, que se protege del avance de la corrosión sin necesidad de ser pintado.

Proceso de ejecución

Resumimos de manera global el desarrollo del proceso constructivo:

- Ejecución de cimentación mediante zapatas que recogen 2520 m de micropilotes \varnothing 200 mm y alzado de pilas de hormigón en laderas mediante encofrado trepante.
- Construcción del tablero en tierra firme soldando tramos de vigas sobre apoyos de neopreno-teflón y hormigonado mediante encofrado deslizante sobre cimbra; montaje sobre tablero de la pieza principal que forma el primer cuarto de arco y del pórtico que constituye la estructura auxiliar que voltearía el cuarto de arco. Empuje del mismo mediante dos unidades hidráulicas de 70 Tn con cinco cables de 0,6" cada uno hasta alcanzar las pilas situadas al borde del embalse. El peso del semitablero a desplazar era de unas 3.000 Tn, siendo el esfuerzo horizontal medido en gatos de unas 90 Tn, alcanzándose pues un coeficiente de rozamiento del orden del 3%. Montaje, mediante grúas, del arranque inferior del arco sobre las rótulas de giro situadas en el macizo de cimentación.
- Basculamiento de la pieza que medía 60 m de longitud y pesaba unas 230 Tn, soportada por un mecanismo



especial montado sobre el tablero que constaba de una rótula de giro, y dos retenidas controladas por parejas de gatos de 200 Tn que controlaban la maniobra mediante 7 cables de acero de 0,6" por unidad. Descenso de la pieza principal. Acoplamiento con el arranque del arco y soldadura de la zona de unión.

- Montaje del segundo cuarto de arco en tierra firme también sobre tablero, transporte sobre el mismo mediante gatos hidráulicos que se enclavaban sobre guías metálicas y empalme por soldadura con el primer cuarto de arco, mediante una rótula esférica intermedia.
- Izado, mediante grúa de celosía de 400 Tn de la fracción superior del arco, pivotando la base en la rótula intermedia. La maniobra de izado se detenía cuando la vertical del centro de gravedad de la pieza superior quedaba a 4 metros del eje de la rótula intermedia. El control de tensiones en cables y sobre tablero se simuló previamente mediante programas informáticos dada la esbeltez de la losa de hormigón, y el escaso margen d actuación existente entre la capacidad resistente del mismo y las reacciones transmitidas por la grúa durante esta maniobra.
- Segunda fase de izado. Montaje de una estructura auxiliar sobre el tablero. El apoyo de la parte superior sobre la rótula intermedia se complementó con la estructura auxiliar. Basculamiento de la parte superior del semiarco. Bloqueo de la rótula intermedia. Los semiarcos construidos tienen una altura de 120 metros. Se montó una retenida provisional mediante cable al tablero.
- Montaje de un sistema de retenida y abatimiento que consta de un armazón metálico anclado al tablero mediante 4 apoyos pretensados a través de la losa de hormigón mediante barras a la viga metálica inferior que



en estas zonas está convenientemente reforzada. Esta estructura montaba 2 gatos hidráulicos de 500 Tn de capacidad, y en cada uno se enfilaron 26 cables de retenida de 0,6". Abatimiento de semiarcos simultaneo en ambas laderas, controlando esfuerzos en unidades hidráulicas y derivas transversales de los semiar-

cos, que se corregían con pequeños movimientos del mecanismo de traslación y giro situados en el arranque del arco.

- Cierre en clave mediante un sistema machihembrado, donde una grúa metálica triangular conducía la rótula esférica axial con su planta de tope hasta su posición final. Quedaba



constituido de esta forma un arco triarticulado, transmitiéndose las cargas en clave y soltándose los cables de la maniobra de abatimiento.

- Bloqueo de las rótulas de clave y rótulas en arranque de arcos. Hormigonado de segunda fase en los arranques del arco dejando embebidos los mecanismos metálicos utilizados. Tesado de las barras del arranque de los arcos al macizo de hormigón.
- Construcción de pilas metálicas en explanadas sobre la zona lateral de los arcos. Montaje mediante grúas sobre estructuras metálicas auxiliares colocadas en tierra firme, descompuestas en varias piezas para su posterior maniobra y montaje sobre el arco.
- Montaje de las pilas metálicas situadas en la zona central. Montaje con grúa de 400 Tn sobre neumáticos situada sobre el tablero, previa simulación en ordenador de todas las fases de la maniobra para controlar el equilibrio y cuantía de las reacciones sobre tablero dados los escasos márgenes disponibles. Empuje del tablero en cuatro fases sucesivas hasta alcanzar las pilas montadas en cada fase.

- Empuje final del tablero hasta completar conexión en el centro con la unión soldada mediante dovela de cierre de las vigas metálicas que han servido como nariz de empuje. Cierre de los 26 m centrales de tablero mediante prelosas prefabricadas en obra, posterior ferrallado y hormigonado de losa "in situ".

Durante la construcción se ha instalado en los arcos un sistema de instrumentación estático del que formaban parte una serie de clinómetros situados en las pilas para controlar y poder limitar así el giro de las mismas durante las maniobras de empuje de tablero, así como bandas extensométricas en arranques, riñones y clave para conocer la evolución de las tensiones en estas secciones y controlar su desarrollo de acuerdo a las magnitudes indicadas en el proyecto para las distintas fases constructivas.

Comportamiento dinámico

Durante la construcción de la estructura y una vez ejecutada la maniobra de cierre de los semiarcos de la calzada iz-

quierda, tuvo lugar una importante incidencia que motivó el inmediato inicio de una serie de estudios y actuaciones para resolver el problema planteado, permitir la continuidad del proceso de construcción y garantizar en adecuadas condiciones funcionales y de seguridad la puesta en servicio de la autovía.

En esta fase de construcción con un arco exento biempotrado se produjeron vibraciones muy apreciables en el plano vertical bajo la acción de un viento transversal cuya velocidad media se cuantificó en torno a 30 km/h. Estas oblaciones provocaron numerosos ciclos de carga con tensiones longitudinales de gran magnitud en los arranques del arco así como en torno a la Sección 31, aproximadamente en los "riñones" del arco.

Desde un primer momento se estimó como causa más probable de este fenómeno el desprendimiento de torbellinos, encargándose de forma inmediata al Instituto Universitario "Ignacio da Riva" de la Universidad Politécnica de Madrid la realización de un programa de ensayos en el túnel aerodinámico situado en la ETS de Ingenieros Aeronáuticos de Madrid, con el fin de comprobar el origen del fenómeno y las distintas alternativas de solución.

Para paliar el fenómeno vibratorio y poder garantizar la integridad de la estructura así como para permitir continuar con su proceso constructivo (que únicamente era compatible con movimientos inferiores a 5 cm), se tantearon diversas soluciones. La solución adoptada ha sido la colocación de elementos aerodinámicos o deflectores que alteren el flujo de aire ya sea a través de disminuir la coherencia de las acciones producidas por el desprendimiento de torbellinos o reduciendo su valor absoluto evitando la separación del flujo respecto a la sección del arco (romper los torbellinos), disminuyendo así la fuerza excitadora global sobre el mismo.

Una vez terminada la estructura, la velocidad crítica para la formación de



los vórtices será del orden de 45 km/h (superior a la que provocó los movimientos del arco) y con un rango de variación a lo largo del arco que queda reducido a un margen muy estricto (situación teórica de estacionalidad del viento en el tiempo y a lo largo de la estructura). Aun en este hipotético caso, y con parámetros de estudio muy conservadores, las amplitudes de vibración resultantes del uso de deflectores combinados con la masa y características de la estructura completa serían perfectamente admisibles y del orden de 0,26 m.

El sistema de instrumentación dinámico instalado para controlar posibles movimientos mediante distintos acelerómetros, bandas extensométricas, así como la velocidad y dirección del viento me-

dante anemómetros-veleta, ha confirmado y registrado tanto en fase de construcción como en servicio que el comportamiento de la estructura se

adapta a lo previsto en el proyecto, comprobándose la ausencia de vibraciones apreciables motivadas por el viento. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras. Demarcación de Carreteras del Estado en Extremadura
Proyecto:	EIPSA - Estudio de Ingeniería y Proyectos
Empresa constructora:	Obrascón, Huarte, Lain, S.A., (OHL)
Presupuesto:	13.702.094,08 Euros
Fecha de acabado:	Julio 2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:

- Puente formado por dos estructuras gemelas de 399,75 m de longitud cada una, constituida por un arco metálico de tablero superior con una luz de 220 m y 42,50 m de flecha.





El Viaducto sobre el río Almonte se encuentra situado en el tramo de nueva construcción Plasencia (Sur)-Mérida, correspondiente a la Autovía de la Plata N-630 subtramo: Enlace de Hinojal-Cáceres (Norte).

Esta importante estructura permite el paso de la Autovía sobre el embalse de Alcántara, a la altura del río Almonte, un punto de especial singularidad medioambiental. Se encuentra formado por dos arcos gemelos de hormigón armado, de tablero superior, con una luz de 184 m y una flecha en clave de 42 m. La sección transversal está formada por un cajón rectangular de hormigón armado, con canto variable entre la sección de arranque y la sección de clave. El tablero posee una anchura de 13,50 m, encontrándose contenido dentro de

un acuerdo parabólico de tipo cóncavo. La estructura del mismo se resuelve mediante una losa aligerada continua de hormigón postensado, con una longitud de 388 m para la calzada izquierda, y 432 m en la calzada derecha. La luz típica del tablero a su paso sobre los arcos es de 22,00 m. Para la sección transversal de las pilas se adoptan secciones rectangulares en cajón, llegando a convertirse en secciones rectangulares macizas al disminuir sus dimensiones en las zonas cercanas a la clave.

Los Arcos del Almonte se incluyen en el tramo enlace del Hinojal-Cáceres de la Autovía Ruta de la Plata, que tiene una longitud de 21,4 km, y se orienta sensiblemente en la dirección norte-sur. El inicio está establecido en el enlace con la carretera autonómica EX373, y a

partir de este punto, la traza de la autovía discurre al este de la carretera N-630, encontrándose con la necesidad de cruzar el río Almonte, que se resuelve mediante la construcción de dos estructuras singulares, objeto de la presente propuesta. Posteriormente el trazado se acerca a la carretera N-630 dejando la población de Casar de Cáceres al oeste. La obra finaliza en un enlace al norte de Cáceres desde donde se accede a la ciudad con calzada duplicada. Entre el origen del proyecto y Casar de Cáceres el terreno es muy accidentado (entorno del embalse de Alcántara), en contraste con la zona entre Casar de Cáceres y Cáceres que es esencialmente llana.

En esta obra se ha mantenido un profundo respeto por el Medioambiente,



puesto de manifiesto en aspecto tales como:

1. Con carácter permanente, se ha balizado el cerramiento de la autovía para evitar posibles colisiones de las avutardas en el momento del inicio de su vuelo. Esta medida afecta a toda la zona de influencia de la Zona de Protección de las Aves (ZEPA) de los Llanos de Cáceres.
2. Se han diseñado la permeabilidad de la autovía de acuerdo a las necesidades de la movilidad den los distintos tramos del corredor. Adicionalmente también se ha sobredimensionado el sistema de drenaje para facilitar la permeabilidad global; se contemplan dispositivos de escape de fauna en el cerramiento de la autovía.
3. Se ha realizado la prospección arqueológica de la banda de trazado, llegando a excavarse parte de un asentamiento romano agrícola-ganadero.
4. Respecto a la ordenación paisajística también se han desarrollado medidas como el aprovechamiento y gestión del suelo vegetal, hidrosiembras y plantaciones, restauración de riberas, vertederos, etc.

Solución técnica

La zona en que se ubica el Viaducto se ve influenciada por la existencia del Embalse de Alcántara, generando una zona inundable que oscila entre los 150 y los 170 m, dependiendo del nivel de agua embalsada. La rasante de la Autovía se encuentra situada unos 47 por encima de la cota correspondiente al máximo embalse, por lo que un condicionante fundamental en el momento de analizar las diferentes soluciones del paso de la Autovía era la necesidad de mantener los apoyos fuera del agua. A partir del estudio de variantes realizado, se optó por una solución en puente arco, de tablero superior, cimentando el



mismo a la cota 214,00, siendo la de máximo embalse la 218,00 asegurándose de esta forma la posibilidad de construir el arco aún en el caso de elevados niveles de agua.

Condicionantes constructivos

El obstáculo que supone la presencia del embalse obliga a avanzar en voladizo desde ambos arranques del arco, considerando cualquier procedimiento de construcción disponible. Debido por otra parte a la existencia de dos calzadas desdobladas, así como a la importancia de los vanos de acceso, no resulta viable un procedimiento de avance en ménsula triangulada en su forma clásica, arco-pilas- tablero, puesto que la necesidad de emplear este último como elemento de tracción y ejecutar las pilas de apoyo en la bóveda como elemento imprescindible en el proceso, trasladaría todas las actividades de construcción al camino crítico del programa de trabajos. Es por ello que la única solución "a priori" óptima fuera la construcción del arco mediante un sistema de avance en voladizo atirantado, el cual permitiría efectuar el cierre del arco con una ma-

yor rapidez que en el sistema de ménsula triangulada clásica, ejecutando posteriormente las pilas y el tablero sobre el arco.

Todos los condicionantes establecidos obligaban, por tanto, a proceder a la ejecución del arco de forma independiente a los tableros y pilas de los vanos de acceso, disminuyendo los plazos de construcción y optimizando el empleo de los importantes medios auxiliares precisos en la construcción del puente. Se evitaba así la duplicación del número de cimbras precisas para el hormigonado del tablero, o el empleo de tiempo y recursos en la ejecución de elementos auxiliares que después debieran ser demolidos, tales como los mástiles provisionales de hormigón. Además, la transformación del viaducto en dos obras independientes, tramos de acceso y arco, permitiría acelerar los plazos de ejecución, aumentando la versatilidad del proceso y evitando así que la construcción del viaducto se convirtiera en una actividad secuencial con una fuerte dependencia de las fases ejecutadas previamente.

La solución al problema constructivo se encontraba en el empleo de un sistema de avance en voladizo mediante



triangulación temporal, pero, en ese caso, adoptando una variante en la que el tablero, actuando como cordón de tracción, fuera sustituido por una estructura metálica provisional, con la ventaja adicional de su reutilización en el segundo arco. Por otra parte, la ausencia de las importantes cargas del tablero y cimbras en la situación de arco abierto disminuiría la importancia de los medios auxiliares empleados, a la vez que aceleraría los plazos de construcción.

El proceso constructivo empleado partía igualmente del avance en voladizo de la bóveda del arco y de las pilas situadas sobre él, dando lugar a una estructura triangulada, con un cordón superior y diagonales temporales formadas por perfiles laminados, salvo en el caso del último cuadrante, donde éstas se encontraban formadas por cables de alto límite elástico.

Construcción del arco

La secuencia constructiva del arco fue la siguiente:

1. Ejecución de cimentaciones del arco y pilas adyacentes con anclajes al terreno en estas últimas.

2. Trepa de las pilas situadas sobre las cimentaciones del arco, y ejecución de la dovela 1 del mismo mediante cimbra convencional.
3. Avance del arco mediante atirantamiento provisional y retenidas hasta pasar la primera pila situada sobre él.
4. Colocación y tesado de diagonales rígidas hasta la pila anterior y eliminación de los tirantes auxiliares.
5. Construcción de la primera pila sobre el arco.
6. Montaje de un dintel metálico provisional entre las dos pilas construidas que actúe como cordón de tracción.
7. Continuación de la ejecución del arco avanzando por triangulación según el método descrito en los puntos anteriores.
8. Ejecución simultánea de estribos, pilas y vanos de acceso del tablero mediante avances con cimbra autoportante.
9. Para terminar la construcción de cada arco se ejecuta una apertura en clave, mediante la introducción de un esfuerzo axil de 600 Tn mediante gatos entre los dos semiarcos. Con los movimientos relativos entre ellos impedidos se procede al hormigonado de la clave y posteriormente al

desmontaje de los medios auxiliares utilizados, para terminar con la ejecución de los tramos de tablero situados sobre el arco.

Ejecución del tablero

Los tableros se resuelven mediante el empleo de losas aligeradas postesadas, con vanos de 22 m de luz en las zonas intermedias, y 18 m en los tramos de apoyo en estribos, apoyándose sobre aparatos de neopreno zunchado. La sección adoptada posee un canto constante de 1,10 m, con cinco aligeramientos circulares de 0,75 m de diámetro.

De acuerdo con las exigencias constructivas, el tablero se ejecuta mediante cimbra autoportante avanzando desde ambos estribos simultáneamente en dirección al centro del arco, evitándose así situaciones de carga asimétricas sobre la bóveda en las etapas de construcción. Debido a lo estricto del espacio entre la bóveda y la parte inferior del tablero los tres vanos centrales del arco se ejecutaron sobre una cimbra convencional, apoyada directamente en la bóveda, efectuándose su hormigonado en una única fase.

Para la ejecución del tablero se empleó una cimbra de celosía autoportante, de tipo mixto, formada por elementos autolanzables y elementos que precisaban grúas automóviles para su traslado. Los elementos situados en las zonas de voladizo de la sección transversal se encontraban dotados de un elemento en ménsula que permitía su lanzamiento hasta la siguiente posición de hormigonado. Una vez trasladados dichos elementos hasta su nueva posición, los bloques internos eran ripados transversalmente y trasladados mediante el empleo de grúas automóviles situadas sobre el tablero dos vanos por delante de la zona hormigonada.

Tanto el movimiento de los módulos interiores como el apoyo de los tramos



autolanzables en las posiciones de hormigonado se realizaba sobre vigas auxiliares de alma llena situadas sobre las pilas a la cota adecuada. La nivelación de los tramos de autocimbra se efectuaba mediante cilindros hidráulicos.

Sistemas de Control

El desarrollo del proceso constructivo llevado a cabo ha aconsejado llevar a cabo una serie de controles específicos y poco habituales que permitieran conocer en todo momento que la geometría y los esfuerzos de la estructura principal y auxiliar se correspondían con los previstos, sin superar, en ningún caso, los límites estructurales establecidos. Por otra parte, puesto que el proceso constructivo era muy exigente con la resistencia a flexotracción del hormigón y con el valor previsto del módulo de elasticidad, éstos fueron controlados con suficiente frecuencia para asegurar la corrección de los parámetros considerados en los cálculos estructurales. Como en cualquier proceso de construcción evolutivo, los controles geométricos resultan de una gran importancia, permitiendo validar las fases ejecutadas previamente antes de proceder a la construcción de una nueva dovela.

Sistemas de auscultación

Se empleó un sistema de auscultación basado en un sistema dinámico de adquisición de datos, el cual, en todo momento ponía a disposición del personal técnico los parámetros estructurales de control considerados como significativos. El sistema realizaba un barrido y actualización de datos en tiempo real, permitiendo que fueran recogidos en un ordenador de control. Se emplearon células de carga en las retenidas, clinómetros en las pilas de arranque, sondas térmicas en la estructura metálica y diversas secciones del arco, y extensómetros en la sección metálica y secciones del arco. Todo el conjunto de datos com-



plementado por el imprescindible control topográfico de precisión, permitió, en todo momento, eliminar cualquier incertidumbre del proceso. Debe destacarse la utilidad de los registros térmicos durante el proceso de apertura en clave. Posteriormente se añadieron acele-

rómetros para la prueba de carga dinámica. El sistema de auscultación se complementó con un sistema de cámaras de televisión, el cual, conjuntamente con los parámetros estructurales permitía un perfecto control del proceso a distancia vía Internet. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Ministerio de Fomento. Dirección General de Carreteras. Demarcación de Carreteras del Estado en Extremadura. -Manuel Bruno Romero. Ing. Jefe de la Demarcación
Proyecto:	Siegrist y Moreno, S.L.: -Carlos Siegrist Fernández -Guillermo Siegrist Ridruejo -Manuel Juliá Vilardell Geocisa: -Tomás Salve Sánchez Ideam: -Francisco Milanés Mato -Luis Matute Rubio -Patricia García Rodríguez
Empresa constructora:	Acciona Infraestructuras, S.A.
Presupuesto:	21.213.981,88 Euros
Fecha de acabado:	Julio 2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:

- Estructura formada por dos arcos gemelos de hormigón armado, de tablero superior, con una luz de 184 m y flecha en clave de 42 m. Tablero en cajón rectangular de hormigón armado, de canto variable.



El turismo se está convirtiendo de forma progresiva en el motor económico de mayor pujanza de la República Dominicana. La vitalidad que este sector ha registrado en años precedentes ha influido de manera decisiva en índices de crecimiento del PIB anual, cercanos al 10.5%, situando al país en primera línea mundial en cuanto a niveles de crecimiento económico. Esta privilegiada situación y la cada vez más fuerte competencia surgida con los países del entorno, obliga a desarrollar una infraestructura capaz de asumir y ampliar la oferta turística y cultural para todos sus visitantes. El Puente sobre el Río Higuamo constituye un paso más en el proceso de mejora de la infraestructura viaria que conecta la ciudad de Santo Domingo con las zonas turísticas del levante dominicano.

Diseño estructural

El Puente Higuamo consiste en una estructura mixta atirantada de 620.50 m. de longitud total, con un vano central de 390.00 m de luz entre pilonos y con 12 vanos de aproximación de 18.00 m cada uno, mas dos transiciones de 7.25 m en cada estribo, distribuyéndose el conjunto simétricamente, en planta, a cada lado del vano principal.

El tablero del vano principal es mixto, con una luz total de 390.00 m y de una anchura total de 24.50 m. Está compuesto por un entramado de acero, sobre el que descansa una losa de compresión de hormigón armado. La altura estructural es de 2.50 m y la altura media sobre el río Higuamo es de 19.50 m. El entramado metálico está formado por dos vigas longitudinales de alma llena dispuestas en las dos extremidades y arriostadas por una serie de viguetas de acero, montadas a una distancia entre ejes de 4.10 m. Las vigas longitu-



dinales están segmentadas en tramos de 16.40 m. Las uniones entre vigas principales, así como las uniones de las vigas riostras con las vigas principales, se ejecutan mediante placas unidas por tornillos de alta resistencia. Asimismo, las vigas riostras, debido a su excesiva longitud y por limitaciones en el transporte, se encuentran divididas en dos longitudes iguales y unidas entre sí por tornillos de similares características. La ejecución del resto de uniones (alojamiento de tubos-forma, conectores a la losa de compresión, etc.) se realiza mediante soldadura eléctrica.



Los vanos de aproximación, de 18.00 m de longitud cada uno, mas dos transiciones de 7.25 m hasta cada estribo, están totalmente ejecutados en hormigón armado in situ, y actúan a modo de compensación de las solicitaciones del vano principal. Estos vanos están constituidos por dos vigas longitudinales de hormigón armado, unidas por vigas riostras transversales montadas a una distancia entre ejes de 9.00 m. Sobre dichas vigas descansa una losa, también de hormigón, colocada in situ.

Los Pilonos se asemejan a una Y invertida de 108 m. de altura, forma apropiada debido a los vientos huracanados que se han producido con anterioridad en esta región. Estas torres (que son accesibles) han sido ejecutadas en hormigón armado, siendo de sección ancha y variable en profundidad por debajo del tablero, manteniéndose constante la sección típica en la parte superior al mismo, terminando en un tramo de acero de 20.00 m, donde se encuentran alojados los anclajes de los tirantes.

La disposición del tablero se sustenta por un atirantamiento en forma de abanico que produce un efecto espectacular sobre el paisaje. Este atirantamiento lateral, formado por dos planos inclinados que convergen en el dintel, hace que la rigidez torsional de éste no se vea afectada ante una sollicitación excéntrica. De esta forma, se consigue incrementar la estabilidad del puente a los efectos del viento. Constan de una serie de cordones de acero galvanizado de alta resistencia, protegidos mediante una cera especial para estos casos y recubiertos por vainas exteriores de polietileno de alta densidad. La distancia entre ejes de tirantes en el tablero es de 16.40 m en el vano central y de 9.00 m en los apoyos.





Complementos

La zona donde se localiza el puente se encuentra clasificada con un grado de sismicidad media (zona II) y se ha calculado para un efecto del viento de hasta 240 km/h (zona 1) a nivel de tablero (a 20 m del suelo). Como resultado de estas consideraciones, se ha dotado al tablero de una estructura metálica lateral en forma de nariz, así como se han previsto dispositivos antisísmicos especiales en estribos y torres principales.

Las cimentaciones se han realizado por medio de inyecciones de cemento enriquecido que han consolidado el terreno logrando una capacidad portante estimada del terreno de 4 Kg. /cm². Estas inyecciones son de justificada ejecución en este tipo de material existente en toda la zona costera, caracterizado por conglomerados de caliza con incrustaciones arcillosas y grandes cavernas. Asimismo, esta cimentación ha sido complementada en diversas zonas con la ejecución in situ de micro-pilotes de hormigón, debido



a la existencia de un estrato de material arcillo-arenoso de grandes dimensiones. Estos micropilotes trabajan por punta y se apoyan en el estrato de roca caliza cuya capacidad portante se ha mejorado mediante inyecciones de cemento.

Bases de cálculo del puente

Junto a las cargas permanentes de la estructura y complementos, determinación de la retracción y fluencia, efectos de la sismicidad y del viento, y la influencia de cargas accidentales (daño y sustitución de tirantes...), se ha tenido en cuenta a efecto de cálculo como carga móvil vertical el tren de cargas recogido en las Normas AASHTO HS 20-44, considerando 6 carriles cargados, con coeficiente de reducción del 75%. Como cargas dinámicas horizontales (sin incluir viento y sismo) se ha tenido en cuenta la influencia del efecto de frenado.

Proceso constructivo

El proceso ejecutivo es el propio de cualquier puente atirantado. Este esquema se resume escuetamente en las siguientes fases:

- Limpieza y acomodación del terreno en la zona de obras. Elaboración del campamento de obra.
- Excavación correspondiente a las zapatas de los dos pilonos o torres principales, seguido del corte necesario en la zona de los vanos de aproximación y, finalmente, de las correspondientes excavaciones de las zapatas de las pilas secundarias.
- Ejecución de las zapatas de los pilonos, así como las zapatas y fustes de las pilas secundarias.
- Ejecución de la parte de hormigón de los pilonos, colocación de los apoyos mecánicos en pilas secundarias y posicionamiento de la cimbra y encofrado del tablero de los apoyos.
- Armaduras y vaciado del hormigón en el tablero de los apoyos, dejando



previstas las juntas frías para las distintas fases de hormigonado.

- Ejecución de las cúspides metálicas en cabeza de pilonos.
- Montaje de dovelas del vano central con la ayuda de un carro-grúa de avance. Antes del posicionamiento de cada dovela, se monta con anterioridad el tirante de compensación correspondiente. Una vez posicionada la dovela, se monta su tirante correspondiente.
- Toma de lecturas geométricas de comprobación.
- Hormigonado de la losa de compresión correspondiente a la dovela posicionada.
- Toma de lecturas geométricas de comprobación.
- Puesta en funcionamiento de los dispositivos antisísmicos, juntas de calzada en estribos y demás accesorios.

Conclusiones

Una conclusión que ha quedado patente en este caso es que la Supervisión de las obras es una figura de vital importancia para el correcto funcionamiento de los trabajos. La labor de fis-

calización de los trabajos es muy importante para conseguir un control económico y de plazos razonable, pero es totalmente recomendable la labor de asistencia técnica que puede y debe ejercer una Supervisión. Esto, que es válido para cualquier lugar del mun-

do, se agudiza si cabe en países en vías de desarrollo, donde la escasez de medios materiales es más acuciante y es necesario un control muy riguroso de todas las operaciones para evitar el riesgo de posibles fracasos en obras de gran envergadura. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Secretaría de Estado de Obras Públicas y Comunicaciones de la República Dominicana. –Ernesto Musa Saba. Ing. Asesor y Coordinador de Proyectos.
Proyecto:	Estudio de Miranda Associati
Empresa constructora:	F. Federico-Mera, Muñoz & FONDEAR – Consortio Italo-Dominicano
Presupuesto:	50,437 Millones de Dólares USA
Fecha de acabado:	2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:

Estructura mixta atirantada de 620,5 m de longitud total, con un vano central de 390 m de luz entre pilonos y con 12 vanos de aproximación de 18 m cada uno, mas dos transiciones de 7,25 m en cada estribo.

- Número de carriles: 6
- Ancho de carriles: 3,25 m.
- Ancho de aceras y arcenes: 1,70 m.
- Ancho total: 24,50 m.
- Altura pilonos: 108 m.
- Gálbo del puente: 19,50 m.



México D.F. y la zona conurbada (Estado de México) con una población entorno a los 22 millones de habitantes y unos 4 millones de vehículos, es una megaciudad con enormes problemas de circulación. Al objeto de ordenar los tráficos periféricos y en cierta medida evitar la penetración del tráfico pesado a la ciudad dotando a la red viaria con un corredor perimetral de alta capacidad, el Estado de México sacó a concurso en el año 2002, la concesión del Circuito Exterior Mexiquense (CEM), de 150 kilómetros de longitud, primera circunvalación de la capital federal en terrenos del Estado de México.

En noviembre de 2006 se inauguró la Fase 1 de 53 kilómetros de longitud del citado CEM. Hay que destacar por su extraordinaria singularidad estructural, su importante funcionalidad y los beneficios sociales derivados de su realización, el Viaducto Hank González, de más de un kilómetro de longitud. El vano mayor del viaducto destaca por la singularidad de su concepción estructural, de canto variable y doble losa de hormigón, situándose, con sus 90 m de luz, en cabeza de las de su topología estructural en México, a lo que se añaden dos importantes grados de dificultad: su adecuación a una situación de alta sismicidad y su cimentación sobre el lecho del antiguo lago de Texcoco sobre más de 50 m de sedimentos de muy baja capacidad portante.

La totalidad del puente tiene una longitud de 1.043 m incluidas las rampas de acceso, con cuatro carriles, dos por sentido, dos ramales de incorporación y uno de salida. Los gálibos verticales varían entre 5,70 y 6,10 m. La estructura está compuesta por 14 vanos de 40 m en la zona de los estribos, 55,50 m en la parte central, siendo el vano mayor de 90 m. Los mecanismos antisísmicos están situados en el

centro de gravedad de la estructura entre las pilas nº 7, 8 y 9.

Esta gran estructura, junto con el Viaducto México-Pachuca, similar al anterior, situado a dos kilómetros de distancia en sentido norte, se integra en los correspondientes enlaces que permiten la conexión del Circuito Exterior Mexiquense con dos grandes avenidas Hank González y Vía Morelos, así como con la autopista de peaje México-Pachuca, reduciendo en gran parte las grandes congestiones de tráfico, la contaminación asociada y los tiempos de recorrido.

La estructura que se presenta sirve para salvar los siguientes corredores e infraestructuras públicas:

- Avenida Hank González, en cuerpo con tráfico N-S,
- las vías del ferrocarril México-Veracruz,
- las Obras inducidas de PEMEX, 6 oleoductos de petróleo crudo y gas,
- el Gran Canal (colector principal a cielo abierto de aguas residuales de la ciudad de México.
- Y por último la Avenida Hank González cuerpo con tráfico S-N.

A la dificultad señalada del poco espacio disponible para la ejecución de los trabajos, hubo que añadir la dificultad y el riesgo de operar junto a dos vías de gran capacidad, con una IMD cercana a los 30.000 vehículos/ día, más una línea de ferrocarril de tráfico general.

Por otra parte, el desarrollo de este proyecto ha traído una serie de mejoras sociales asociadas. La primera de ellas es la radical transformación estética de la zona, la cual por hallarse en la periferia del Municipio de Ecatepec del Estado de México se encontraba en una situación precaria: la existencia de grandes depósitos de basura convertían a las zonas próxi-

mas en áreas socialmente deprimidas y marginales.

Introducción

El viaducto Hank González se encuentra comprendido dentro del proyecto del Circuito Exterior Mexiquense, en el tramo Tultepec-Autopista Peñón-Texcoco. Es el más singular de un conjunto de cuatro viaductos (Ramal Periférico, Peñón Texcoco, México-Pachuca y el propio Hank González), de tipologías similares, que resuelven en su conjunto las interacciones del Circuito Exterior con las distintas vías de comunicación inferior, dentro de un área intensamente urbanizada.

El viaducto Hank González, de 842,5 m. de longitud total, permite el paso de la Autopista sobre la Avda. Central, el ferrocarril y el Gran Canal, con luces de 40 + 55,5 + 62 + 8 x 55,5 + 90 + 2x 55,5 + 40, y ancho variable entre 22,08 y 25,58 m. El tablero es mixto, con 4 vigas de 2,10 m de canto, losa de 30 cm, doble acción mixta en pilas, con una excepción en las pilas del vano de 90 m donde se establece una zona de canto variable con un máximo de 4 m en pila. El trazado en planta es variable, pasando de un tramo casi recto y un tramo circular de 916 m. de radio, hasta un nuevo círculo de 416,7 m.

Aspectos considerados en el proyecto.

Las condiciones impuestas por las acciones sísmicas han sido determinantes en el diseño de las soluciones mixtas planteadas. Las importantes fuerzas horizontales inducidas por el sismo han llevado a buscar una solución lo más ligera posible, de forma que la cimentación y las pilas se vieran afectadas en la menor cuantía posible. Esto favorece las soluciones mixtas frente a las soluciones de hormigón, nota-





blemente más pesadas y que encarecerían notablemente las ya de por sí importantes cimentaciones.

En general, el terreno atravesado por las estructuras es de muy baja resistencia. Los encepados deben ser esbeltos, para no reducir la capacidad de los pilotes. Por tanto no se dispone de ningún punto donde se puedan concentrar las fuerzas, ya que esto supondría unas dimensiones de la cimentación que obligarían a unos cantos de encepado que absorberían gran parte de la ya de por sí escasa capacidad de los pilotes.

El viaducto Hank González presentan condiciones resistentes del terreno muy desfavorables, exigiendo pilotes de 30 m de longitud. La cimentación se basa fundamentalmente en pilotes in situ, de 1.500 mm de diámetro, con una tensión de diseño en el entorno de 17 kg/cm² una vez descontado el rozamiento negativo.

Todas las estructuras se encuentran situadas en un ambiente semiurbano, que presenta interferencias con vías de gran capacidad. Además, la traza interfiere en varias ocasiones con el Gran Canal, enorme vía de desagüe de aguas negras de la Ciudad de México. Como consecuencia, prácticamente todos los viaductos están condicionados en cuanto a las luces a salvar. En concreto, el viaducto Hank González atraviesa el Canal con un vano de 90 m y salva la Avenida Hank González por dos veces y el Ferrocarril México-Veracruz.

Como consecuencia, las luces a disponer quedan relativamente obligadas, con vanos en el entorno de los 55–60 m (con la excepción del vano de 90 m), adecuados para soluciones mixtas. Las pilas son de poca altura con un rango entre los 4 y los 8 m con distribuciones relativamente uniformes.

Tablero

El tablero consiste en 4 vigas metálicas de acero de canto 2.10 m en los vanos tipo y variable en el vano singular de 90 m. Las vigas presentan una sección en doble T, con arriostramientos verticales en celo-

sía a una distancia de aproximadamente 3.5 veces el canto. En la zona de flexión positiva las vigas funcionan de manera independiente, conectadas sólo por la losa superior, mientras que en la zona de pilas se cierran también por la parte inferior mediante hormigón de fondo.

El vano de 90 m en Hank González se ha resuelto mediante unas piezas de canto variable sobre pila. Estas piezas efectúan una transición lineal desde las piezas estándar hasta un canto de 4 m, en una longitud de aproximadamente un 25% del vano. De esta forma, el 50% central del vano se también resuelve con piezas estándar. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Estado de México. CONMEX-Concesionaria Mexiquense. –Enrique Acevedo. Ing. Director.
Proyecto:	IDEA –Luis Matute. Ingeniero Proyectista –Pedro Romero. Supervisor de Campo –Arturo Castellano. Supervisor de Campo
Empresa constructora:	Obrascón, Huarte, Lain, S.A. – OHL –Rafael Gutiérrez Apolinario. Gerente –Guillermo Castro. Superintendente Viaductos –Ramona Pico y Javier Caro. Dirección Técnica
Presupuesto:	30.641.840,53 Dólares USA
Fecha de acabado:	Agosto 2005

CARACTERÍSTICAS

Obra:

- Viaducto de 842,50 m de longitud y tablero mixto de ancho variable entre 22,08 m y 25,58 m.



El viaducto de Arroyo del Valle fue un sueño convertido en realidad. La compleja obra de la clave del arco de este viaducto, que con sus ciento treinta y dos metros de luz y cincuenta metros de altura en clave constituye un récord mundial en puentes para ferrocarril de alta velocidad, culminó las aspiraciones de más de una decena de equipos interdisciplinarios dispuestos a afrontar desafíos difíciles. El arco, realizado con un novedoso método constructivo, está en la provincia de Madrid, en el tramo Soto del Real-Miraflores de la Sierra del nuevo acceso ferroviario L.A.V. al Norte y Noroeste de España. La nueva imagen de Arroyo del Valle aún la belleza de un parque natural y los destellos de las vías que conducen al progreso sin agresiones al entorno.

Una mirada al futuro

El año 2007 es un buen momento para analizar este sueño convertido en realidad. Ahora sabemos que el viaducto del Arroyo del Valle, con una longitud de 1.755 m y con unas características técnicas, estéticas y ambientales muy definidas, no sólo es una importante obra del trazado del ferrocarril al Norte y Noroeste de España y una excepcional obra de ingeniería, es mucho más. Es la mirada al futuro de una obra singular que conecta las dos mesetas castellanas, con el Guadarrama y sus estribaciones como atentos vigilantes de un viaje llamado progreso y modernidad.

Desde el viaducto, al sur de los túneles de Guadarrama, se contemplan unos paisajes que encierran siglos de historia. No podemos olvidar que la Sierra de Guadarrama era un paso estratégico para las diversas vías de comunicación que facilitaban el paso al Norte de la Península Ibérica. Y tampoco podemos obviar que

la Sierra de Guadarrama, cuyo topónimo procede de la lengua árabe, perteneció durante el siglo X al Califato Omeya de Al-Andalus, o que la localidad de Guadarrama ya recibió el título de Villa-Villazgo el 22 de noviembre de 1504, otorgado por Fernando El Católico, lo que suponía el derecho de jurisdicción y justicia, o que Felipe II construyó en Guadarrama la llamada Casa de la Cadena para albergue de los personajes de la Corte, como lugar de etapa en su camino hacia Valladolid y Burgos. Son pinceladas de una larga historia donde Guadarrama y las comunicaciones estuvieron siempre relacionadas, hasta la edad contemporánea.

Esa relación no ha terminado y el viaducto del Arroyo del Valle le ha dado una nueva pincelada a este cuadro del pasado, del presente y del futuro. La línea de alta velocidad de Madrid a Valladolid y Medina del Campo, que se conoce como acceso ferroviario al Norte-Noroeste de España, es el camino para los trenes con dirección a Cantabria, País Vasco, Asturias, Galicia, Salamanca, León, Burgos, Palencia y Zamora. Es el paso obligado para miles de viajeros del tren de alta velocidad que podrán rememorar el pa-

sado, analizar el presente y reflexionar sobre el futuro. El nuevo paisaje, con el viaducto del Arroyo del Valle, que tiende puentes con la naturaleza, es un incentivo y un motivo para esa necesaria mirada al futuro.

Datos de interés

Algunos datos muestran el interés social y técnico de la obra:

- Las obras de ampliación de la red española de alta velocidad, parte del Eje Atlántico Ferroviario Europeo, harán de dicha red una de las más desarrolladas de nuestro continente. De hecho, el nuevo acceso ferroviario al Norte y Noroeste de España está considerado por la Unión Europea como uno de los catorce proyectos prioritarios en materia de transporte para los próximos años, por formar parte del Eje Atlántico Ferroviario Europeo.
- El viaducto, que tiene una longitud de 1.755 m (luzes entre pilas de 66 metros) y una altura máxima de 77,8 m es el más largo de Europa de tablero continuo. La viga tiene un canto varia-





ble que llega a ser de cinco metros en los apoyos. Todo el viaducto está en alineación recta y en rampa de 17,5 mm/m y la obra del arco, con sus 132 m de luz y 50 m de altura en clave, constituye un récord mundial en puentes para ferrocarril de alta velocidad.

Descripción

La línea de alta velocidad Nuevo Acceso Ferroviario al Norte y Noroeste de España, que construye el ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias), conecta las dos Mesetas Castellanas, debiendo superar un desnivel de 450 m y la cadena montañosa de Guadarrama y sus estribaciones. Para ello se construyen dos túneles importantes: el del Cerro de San Pedro, en la estribación Sur de la Sierra a la altura de Colmenar Viejo, con una longitud de 8,5 km, y el de Guadarrama, que atraviesa la sierra comenzando en Miraflores de la Sierra (Madrid) y finalizando en La Granja (Segovia) con una longitud de 27 km.

Entre ambos túneles (Boca Norte de San Pedro y Boca Sur de Guadarrama)

hay que salvar un extenso valle de gran belleza paisajística, enmarcado en el oeste por la ladera de la Sierra, donde se asienta el pueblo de Miraflores de la Sierra, y por el norte y noreste por el perfil de Somosierra. Para lograrlo se adoptó la solución de construir un gran viaducto que tuviese la esbeltez necesaria para no afectar el entorno.

La obra, cuyo trazado de 2.028,501 m de longitud discurre por el término municipal de Miraflores de la Sierra, y consiste básicamente en un viaducto hiperestático de tablero en viga cajón continua de hormigón pretensado, simplemente apoyado en las 25 pilas y clave del arco que conjuntamente con los estribos inicial y final conforman los 27 tramos de que consta. El viaducto salva sucesivamente el Arroyo del Mojón y el Arroyo del Valle, que le da su nombre, y el desnivel existente entre la boca Norte de los Túneles de San Pedro y el inicio Sur de la obra de los Túneles de Guadarrama.

La necesidad de salvar un valle abierto, con el mínimo impacto para el entorno, ha obligado a una longitud del viaducto (1.755 m) que lo sitúa entre los más largos del mundo en su clase. Por condi-

cionantes de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA), el método elegido fue el de cimbra autoportante. La luz entre pilas (66 m) ha requerido la fabricación de una cimbra autoportante nueva, ya que las existentes en el país no servían para alcanzar tal luz. La gran longitud del tablero impedía materializar el punto fijo en uno de los estribos, dada la enorme magnitud del recorrido resultante en la junta. La solución adoptada fue la construcción de un arco, entre las pilas 14 y 15, y materializar el punto fijo en su clave, que queda próxima al punto medio de la longitud del tablero.

La planta del viaducto es curva y de ancho variable desde el estribo nº 1 hasta la pila nº 7, siendo desde esta pila y hasta su final en el estribo nº 2 recta y de ancho constante. La parte curva y de ancho variable viene obligada por la proximidad de la boca de los túneles de San Pedro (separadas 22 m) y la necesidad de alcanzar el ancho entre ejes de vía normalizado. El perfil longitudinal está constituido por una pendiente del 1,75 % desde el estribo nº 1 hasta la pila nº 20 y otra del 0,30 % desde este punto hasta el final, con acuerdo vertical entre ambas de $K_v = 48.000$. La diferencia de cota salvada por el viaducto es de 25,55 m.

El tablero está constituido por dos vanos (el inicial y el final) de 52,5 m de luz, y 25 de 66 m de luz. Entre las pilas nº 14 y 15 el vano es de 132 m, materializándose el apoyo intermedio en la clave de un arco ojival de 132 m de luz y 50,4 m de flecha.

También los condicionantes de la DIA impedían la utilización de una cimbra convencional para la ejecución del arco, por lo que se optó por la solución de ejecutar el arco mediante dos semiarcos cuasi verticales adosados a las pilas adyacentes y una vez terminados, hacerlos girar alrededor de una rótula provisional situada en su base, mediante cables de descenso y retenida, hasta su posición definitiva. Posteriormente se cierra la clave y en ella se construye un tetón que queda encastrado en el tablero al hormigonarse éste mediante la cimbra autoportante.



Por la luz del arco (132 m), este viaducto es el mayor construido en España por este método, el segundo de Europa y el tercero del mundo tras los puentes de Argentobel (145 m) en Alemania y Kobaru (135 m) en Japón. Es del tipo cajón de canto variable, siendo máximo el canto en los apoyos en las pilas (5,00 m) y mínimo en el centro de los vanos (3,30 m).

Las pilas son de sección cajón, con paredes de 35 cm de espesor, ataluzadas en el sentido longitudinal de la estructura, con una sección en cabeza de 2,50 x 6,00 m. El ataluzado tiene una pendiente de 1/50. Se macizan en los 2,10 metros superiores y llevan un hueco cilíndrico de 80 cm de diámetro y 1,00 m de altura, desde donde poder inspeccionar los aparatos de apoyo del tablero. Su altura varía entre 15 y 73 m. Todas las pilas tienen cimentación directa mediante zapatas de dimensiones comprendidas entre 7,00 x 9,75 x 2 m y 14,54 x 14,75 x 3 m excepto las cuatro que se encuentran en la zona de arcillas arenosas y limosas del fondo del valle que tienen cimentación profunda, a base de 16 pilotes de 1,50 m de diámetro, arriostrados por un encepado de 14 x 14 x 3,75 m.

El arco también de sección cajón, pero constante de 3 x 6 m, tiene unas paredes de 40 cm de espesor y lleva unas traviesas de 1 m de espesor en las secciones donde se anclan los cables de descenso.

El sistema de construcción, tanto de pilas como del arco, ha sido el de encofrado trepante. El módulo de trepa de las pilas es de 4 m de altura, con un rendimiento en obra de una trepa por día de trabajo. Se han empleado en obra dos módulos, por lo que los rendimientos alcanzados son de 8 m de pila al día.

Para poder mantener este ritmo de producción y no verse afectados por las inclemencias del tiempo, durante las épocas invernales las trepas recién hormigonadas se cubrían con lonas y en su interior se colocaban unos calefactores, introduciéndose en el hormigón sondas térmicas que proporcionaban un registro continuo



de la temperatura del hormigón durante las primeras 24 horas del fraguado.

El módulo de trepa de los semiarcos fue también de 4 m. En cada semiarco se han realizado 13 trepas de 4 m y 7 trepas de diferentes desarrollos, para ajustarse a la generatriz del semiarco y a la necesidad, tanto en la primera trepa de conformar el anclaje de la rótula, como en la trepa correspondiente a la travesía para el anclaje de los cables de descenso, de materializar ésta.

Para el tablero se ha utilizado una cimbra autoportante de longitud total 153 m y de 950 t, que permite vanos de 66 m de luz. El primer montaje de cimbra, para ejecutar el vano Estribo 2-Pila 25, de 52,5 m, requirió 2 meses de trabajo dadas las di-

mensiones y peso de la misma. Ejecutado dicho vano, hubo que proceder a correr la cimbra y simultáneamente ir montando los elementos de cola de la misma hasta que quedó terminado el segundo montaje y la cimbra lista para la ejecución de los vanos de 66 m. Este proceso duró un mes. A partir de este momento los trabajos adquirieron "velocidad de crucero", con una producción de un vano de 66 m cada dos semanas.

También en el caso del tablero y para independizar la producción de la incidencia de las bajas temperaturas invernales, se calefactaba el vano recién hormigonado y se instrumentaba para tener un registro de las temperaturas del hormigón en sus primeras 24 horas.





Para poder realizar el descenso de los semiarcos se requería una resistencia mínima del hormigón de 30 MPa y una resistencia adicional frente al deslizamiento de las zapatas de retenida (pilas 13 y 16) de 6,9 y 4,02 MN respectivamente. Para asegurar esa resistencia, fue necesario anclar al terreno la zapata de la pila 13 mediante 49 barras Hewi Ø 40 dispuestas en una malla de 7 x 7 separadas 1,40 m y de una longitud de 2 m, entrando 1 m en el terreno, y en la pila 16 se construyó en su base un macizo de 5,35 x 7 x 3 m que se unió a la zapata por 15 Ø 32 de 3 m y se ancló la zapata al terreno mediante 8 anclajes de 980,7 kN y de una longitud de 14 m bajo zapata.

El descenso del semiarco Norte se realizó entre los días 27 y 28 del mes de julio de 2005. El elemento crítico en este proceso es la pila que actúa como puntal, por lo que el proceso de descenso se diseñó de forma que se minimizasen las solicitudes sobre la misma. El descenso del semiarco Sur se efectuó los días 9, 10, y 11 de agosto de 2005 mediante un proceso idéntico al del semiarco Norte, procediéndose al cierre de la clave, hormigonado de las zonas de rótulas y conformación del tetón entre el 12 de agosto y el 1 de octubre, fecha en que llegó la cimbra a posicionarse para realizar el vano que se apoya en la pila 15 y en la clave del arco. Dicho vano quedó terminado el día 15 de octubre de 2005.

Finalizado el vano que apoya en la Pila 15 y clave del arco, los trabajos continuaron al ritmo señalado en el Plan de Obra (un vano cada 15 días) hasta llegar al último, Pila 1-Estribo1, de 52,5 m de luz para cuya realización fue necesario desmontar las puntas de la cimbra y parte de las baterías, así como reposicionar los paneles del encofrado. Esta operación requirió la instalación de castilletes auxiliares para el apoyo de la cimbra. La realización completa de este último vano consumió 45 días de trabajo. Simultáneamente a la ejecución de los vanos y sobre la parte de tablero ya ejecutada y con el

desfase necesario por motivos de seguridad, se trabajó en el tablero para ejecutar los muretes guardabalasto, canaletas para cables, la barrera de protección de aves y la impermeabilización.

En el interior del tablero se realizó la instalación para la iluminación que permita un cómodo y seguro trabajo de mantenimiento y se procedió a la instalación de la instrumentación en la zona del arco. Esta instrumentación permite enviar en tiempo real, vía radio, los datos de los elementos instalados, que son almacenados en un ordenador y pueden ser consultados y analizados mediante el acceso restringido a una página web en Internet.

Paralelamente se realizaron los trabajos de restitución del terreno, mediante aportación de tierra vegetal e hidrosiembra y plantaciones. Coincidiendo en el tiempo con los trabajos de restitución se realizó la prueba de carga de la estructura con resultados satisfactorios, empleando para la medición de las flechas tanto sistemas convencionales como modernos sistemas de lectura láser. Con la finalización de los trabajos de restitución paisajística se dio por finalizada la obra con fecha 12 de noviembre de 2006, tal y como estaba previsto en el Plan de Obra. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	ADIF - Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
Proyecto:	- Carlos Siegrist Fernández - Florencio del Pozo Vindel Ingenieros Caminos Canales y Puertos
Empresa constructora:	Ute Soto del Real: Azvi-Puentes y Calzadas Empresa Constructora, S.A.
Presupuesto:	35.866.263,61 Euros
Fecha de acabado:	Noviembre 2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:

Principales características del viaducto:

- Longitud total obra: 2.028,51 m
- Longitud del viaducto: 1.755 m
- Luz del arco: 132 m
- Luz de vanos: 66 m
- Canto máximo del tablero: 5 m
- Altura máxima de pilas: 73 m



El Viaducto Arroyo de las Piedras, salva el Valle del arroyo del mismo nombre. Su singularidad viene marcada por su tipología mixta, combinación de pilas de hormigón y tablero metálico, y por la elevada altura de sus pilas, 94 m. Tiene una longitud de 1208 m, formado por 20 vanos, el primero de 50,40 m, 17 vanos de 63,5 m, 1 vano de 44 m y el último de 35 m, siendo el tablero mixto con 2 almas de acero corten y losas superior e inferior de hormigón armado. Ha sido ejecutado por empuje del tablero desde los dos estribos con una pequeña nariz de avance para efectuar el paso de pila. Los estribos son de hormigón armado, con estructuras de aparato de dilatación de vías, cimentados superficialmente con zapata de 2,50 m de canto.

El Viaducto pertenece a la Línea de Alta Velocidad "Córdoba-Málaga" dentro del Tramo "Bobadilla-Málaga", formando parte del nuevo modelo de ferrocarril español cuyo objetivo es dar respuesta a las necesidades de la sociedad actual mediante un ferrocarril integrado en el territorio, que favorece el desarrollo sostenible y constituye un servicio público y social.

Descripción

La sección transversal del tablero está constituida por dos vigas armadas metálicas de acero corten en doble T de canto 3,85 m sobre las que se apoya una losa superior de 0,41 m de espesor máximo en el eje de la sección, dando lugar a un canto máximo total constante de 4,26 m. El fondo de la sección se cierra mediante unas placas prefabricadas de hormigón de 0,14 m de espesor, que en la zona de flexión negativa junto a las pilas se refuerzan con un hormigonado de fondo in situ, y



sirven de encofrado colaborante para el mismo, que presenta un espesor variable entre un espesor mínimo de 0,25 a unos 10-15 m del eje de pila, y un espesor máximo de 0,50 m en eje de pila. Dicho hormigón de fondo materializa la doble acción mixta, que permite optimizar los espesores máximos de las platabandas inferiores.



En la zona de centro de vano, donde no existe hormigón de fondo, las prelas inferiores de hormigón prefabricadas permiten cerrar el circuito de torsión del "cajón" así materializado. Este cierre del circuito de torsión viene obligado por las condiciones de limitación de la deformabilidad por alabeo de la sección, frente al paso del tren por una sola vía. Esta limitación no permite mantener en la zona de centro de vano el esquema de sección abierta, el cual resulta muy económico en puentes carreteros.

Las placas o prelas prefabricadas, de unos dos metros de ancho, no se conectan entre sí longitudinalmente, salvo en las franjas laterales de un metro de anchura junto a las almas, por lo que su ancho eficaz colaborante a la flexión positiva es muy reducido, y se controla adecuadamente mediante armadura el ancho de fisura por la coacción impuesta por la tracción de las alas metálicas bajo la acción de las cargas muertas y sobrecargas.

Con objeto de permitir el paso de estas bandas laterales de hormigón, las vigas metálicas laterales se proyectan no simétricas, si no con células triangulares ubicadas sólo en el lado externo de la sección, de forma que las placas prefabricadas de cierre de torsión en flexión positiva, y de encofrado inferior colaborante de la doble acción mixta, en flexión negativa, materializan visualmente una sección continua en cajón cerrado, cuyo fondo combina dos franjas laterales metálicas con una franja central de hormigón.

La ubicación de las células en la zona exterior inferior de las vigas metálicas permite eliminar una línea de posible acumulación de agua, en la unión exterior alma-platabanda inferior, el cual pu-



diera ser un punto de formación de corrosión. Además elimina la posibilidad de ser lugar de refugio y posicionamiento de aves, hecho que constituiría también otra fuente de corrosión.

La eliminación de la solución cajón estricto de los fondos de cajón metálicos cerrada evita una rigidización de fondo en chapa comprimida muy fuerte y de gran coste en acero y mano de obra. Así la rigidización de las vigas laterales se limita a la vertical de almas, constituida por rigidizadores planos de 20 cm de canto, de fácil colocación en taller.

La losa superior del tablero se construye en dos fases, previa colocación de una placa prefabricada colaborante que soportará el hormigón in situ. La losa apoya sobre perfiles transversales cada 2 metros aproximadamente ubicados entre las vigas metálicas. Los perfiles utilizados son IPN 320 laminados y se apoyarían en los rigidizadores verticales, a través de un detalle acartelado soldado, proyectado con severas exigencias de ejecución para mejorar su respuesta en fatiga. La solución de forjado mixto con nervios transversales ha permitido reducir el espesor de la losa, frente al espesor variable obtenido por extrapolación de la sección de hormigón, cuyos valores variaban entre los 0,33 m en el centro de vano entre almas, y los 0,50 sobre las almas.

Las celosías transversales se sitúan cada 8 metros aproximadamente, y están constituidas por perfiles laminados que van desde el centro del perfil transversal de losa a las esquinas inferiores de la sección. La unión de dichas diagonales al perfil superior se realiza mediante soldadura a una cartela, soldadura que se puede realizar en taller. La unión de las diagonales al rigidizador en su parte inferior se realiza también por soldadura sencilla.

El acero utilizado en el dintel metálico es de tipo corten, y los espesores utilizados varían en almas de 25 a 40 mm y en platabandas, de 20 a 40 mm. El acero de los perfiles transversales del forjado

superior es pintado. El acero de celosías transversales es laminado pintado.

Sistema constructivo del tablero

Se planteó inicialmente un esquema constructivo del tablero del viaducto mediante empuje de la sección metálica más hormigón inferior desde ambos estribos. No obstante, se estudió posteriormente la viabilidad del empuje con las prelosas superiores ya colocadas, que ha sido la solución finalmente adoptada. Se plantearon dos parques de empuje en la zona trasera de los estribos.

La sección empujada estaba constituida por las dos vigas metálicas armadas laterales, la prelosa inferior, el macizado lateral inferior de hormigón y, en la zona de pila, el hormigón de fondo, así como las prelosas superiores y la armadura de la losa superior (pero no el hormigón). No obstante en los voladizos de avance no se ubicarán inicialmente prelosas inferiores y superiores, para minimizar los esfuerzos en los mismos.

Según lo anterior la secuencia de actividades en los parques de empuje era la siguiente:

- Colocación de vigas armadas laterales en la longitud de la dovela o dovelas correspondientes y soldadura a la dovela o dovelas anteriores.
- Colocación de perfiles transversales y celosías y mamparos verticales.
- Colocación de prelosas inferiores prefabricadas.
- Hormigonado de fondo y de zunchos laterales.
- Colocación de prelosas superiores.
- Empuje del conjunto.

Los aparatos de apoyo, dobles por pila, son de tipo POT como los de proyecto base, con el mismo sistema de vinculación transversal y se deja descansar el tablero sobre ellos una vez terminadas las operaciones de empuje, previamente al hormigonado de la losa



superior. El empuje del tablero metálico se realiza sobre apoyos provisionales.

Se ha adaptado la sección transversal de las pilas a la anchura del "cajón" metálico manteniendo la forma de las de proyecto original. Los estribos son similares a los de proyecto, adaptados a

las condiciones del nuevo tablero. El viaducto consta de 19 pilas de hormigón armado de sección rectangular hueca. La altura de estas oscila entre los 18 y los 94 m. Las pilas P17 y P18 se han realizado mediante cimentación profunda con pilotes de 1.800 y 2.000 mm. ◆

FICHA TÉCNICA

Promotor:	ADIF - Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
Proyecto:	-José Luis Pérez -Íñigo Escolar -Oscar San Millán Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Empresa constructora:	ALTEC
Presupuesto:	48.153.322,42 Euros
Fecha de acabado:	Mayo 2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:

Viaducto de tipología mixta, combinación de pilas de hormigón y tablero metálico.

- Longitud total obra: 4.000 m
- Longitud del viaducto: 1.208 m
- Canto máximo del tablero: 4 m
- Altura máxima de pilas: 94 m



La Línea de Alta Velocidad Madrid-Barcelona-Frontera Francesa forma parte del "Eje Europeo de Alta Velocidad Sur-Oeste" de la Red Trans Europea. En el tramo La Roca del Vallés-Llinars del Vallés, situado a unos 50 km al norte de Barcelona, se ubica el Viaducto sobre la Autopista AP-7. Este Viaducto permite el paso de la línea de alta velocidad sobre la referida autopista y el río Mogent. Es una estructura formada por dos tramos diferenciados: un tramo mixto, acero-hormigón, y un tramo de hormigón postesado. El tramo mixto, por su emplazamiento, tipología estructural y proceso constructivo de empuje acompasado, constituye una estructura singular.

El viaducto tiene una longitud total de 574 m, repartidos en dos tramos: el primero de ellos (307 m), tramo sobre la autopista, está constituido por una estructura continua de 5 vanos de luces 45 + 71 + 75 + 71 + 45 m. El segundo tramo (267 m), tramo sobre el río Mogent, presenta un tablero continuo de hormigón postesado, 6 vanos, con luces máximas de 48 m. La ubicación de las pilas ha estado condicionada por el cruce marcadamente esviado con la autopista, por requerimientos hidráulicos y por el proceso de empuje acompasado previsto para la construcción del tramo sobre la autopista.

Los parámetros geométricos de diseño propios de una línea de alta velocidad, aunados a los condicionantes del

entorno, dan pie a un gálibo vertical sobre la autopista muy ajustado al mínimo permitido, por lo que el canto del tablero se limitó a 2,16 m bajo rasante ferroviaria. Se estudiaron nueve alternativas distintas para el viaducto y, como resultado de un balance entre los aspectos económicos, formales y constructivos se eligió, para el tramo sobre la autopista AP-7, una estructura mixta. El tablero de acero y hormigón permite la construcción parcialmente prefabricada, reduciendo el plazo de construcción y minimizando la interferencia con el tráfico existente en la autopista.

El tablero del puente tiene un ancho total de 17,2 m en el tramo mixto y 14,00 m en el tramo de hormigón. Soporta 2 vías de ancho internacional (UIC) sobre balasto con una distancia entre ejes de 4,70 m. A ambos lados de la plataforma se dispone un murete guarda-balasto y canaletas prefabricadas para albergar las instalaciones de seguridad y comunicaciones. En planta la estructura tiene un desarrollo curvo de radio constante de 5,05 m. En alzado la estructura está situada dentro de un acuerdo vertical de $K_v = 55.000$: rampa de entrada del 110/00 y pendiente de salida 10/00.

El tablero mixto está constituido por una losa de hormigón soportada por vigas transversales de 1,10 m de canto, espaciadas 3,55 m en sentido longitudinal. Estos elementos transversales se unen en sus extremos a dos vigas longitudinales metálicas de ancho constante

de 1,6 m y canto variable entre 3,5 a 6 m colgadas de tirantes metálicos de sección rectangular que, a su vez, se empotran superiormente en mástiles metálicos de 15 m de altura. Tablero, mástiles y tirantes trabajan como una viga continua de canto variable de gran rigidez. Todos los elementos metálicos están conformados por chapas metálicas rigidizadas. La losa del tablero se construye mediante prelosas prefabricadas, que colaboran en la configuración estructural definitiva. La limitación de canto del tablero mixto, hace necesario suspenderlo de tirantes de acero estructural con un trazado curvo. Se llevó a cabo un estudio cromático de la estructura, eligiéndose el azul con una franja gris, pues de esta forma se resalta la importancia de los distintos elementos.

Para la subestructura se han proyectado pilas y estribos de hormigón armado. Todas las cimentaciones son profundas mediante pilotes, dimensionados de acuerdo con las indicaciones del estudio geotécnico. Se han empleado pilotes de 1,5 y 1,8 m de diámetro, evitándose asientos inadmisibles para el correcto funcionamiento de la estructura. Las pilas presentan, en el tramo mixto, secciones transversales cilíndricas con acanaladuras para mejorar su aspecto visual. En el tramo de hormigón las pilas son de sección troncocónica con capitel. El estribo lado Barcelona (estribo E-1) actúa como punto fijo de la estructura mixta, habiéndose



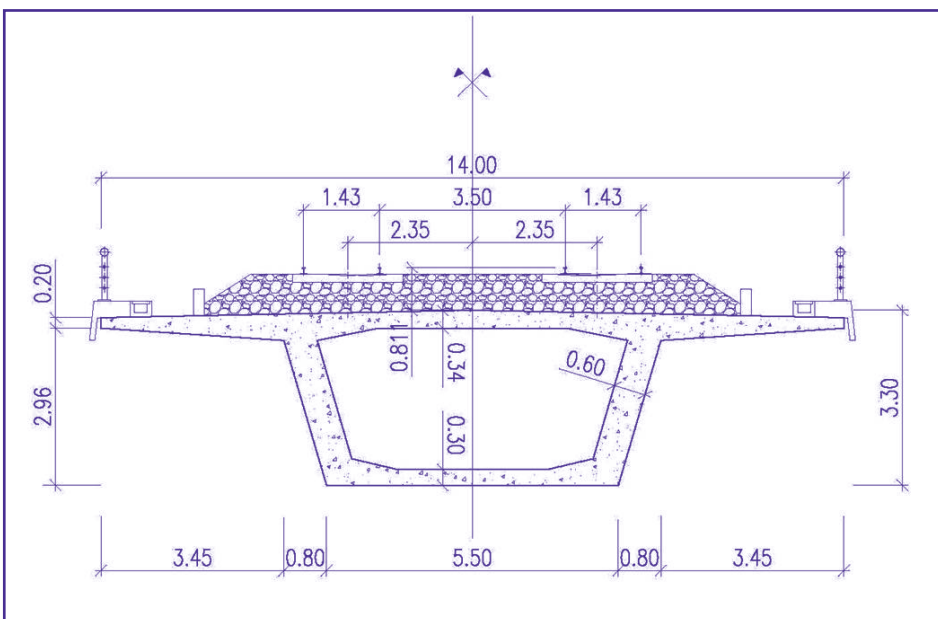


calculado para resistir una fuerza máxima horizontal de 7.000 kn.

El tablero mixto se ancla en dicho estribo E-1 para transmitir los eventuales empujes de frenado y arranque sobre el mismo. El resto de los apoyos no toman fuerzas horizontales longitudinales, salvo las inducidas por el rozamiento entre el apoyo y el tablero a través de los apoyos de neopreno confinado tipo Pot (unidireccionales o bidireccionales, dependiendo de su posición). El tramo mix-

to se encuentra con el tramo de hormigón en la denominada pila-dintel nº 5 donde se dispone de una junta de dilatación capaz de absorber los movimientos, tanto del tramo mixto como del tramo de hormigón.

El tablero del tramo sobre el río Mogen, tramo de hormigón postesado, tiene un canto 3,30 m, quedando anclado para hacer frente a los empujes horizontales en el estribo E-2 (en el lado Frontera Francesa).



La singularidad de esta estructura se refiere al tramo mixto, tanto por la tipología estructural adoptada como por el procedimiento constructivo empleado, en consecuencia, es el que a continuación se describe con detalle.

Tramo mixto

La sección tipo transversal tiene un ancho de plataforma de 14 m (el ancho total de la estructura es de 17,20 m) y está constituida por una losa de hormigón armado de 0,35 m de espesor conectada a vigas metálicas transversales cada 3,55 m, soldadas a vigas longitudinales de sección cajón de 1,60 m de ancho y altura variable entre 3,50 y 6,00 m. La losa de hormigón presenta un bombeo del 2%.

Se ha realizado un análisis estructural exhaustivo verificándose el adecuado comportamiento durante las distintas fases de construcción y en fase de servicio, incluyéndose los efectos reológicos y los originados por la interacción vía estructura. Adicionalmente, se analizó el comportamiento dinámico del viaducto, simulándose numéricamente el paso de trenes reales a distintas velocidades entre 150 km/h y 420 km/h, de acuerdo con las especificaciones del Eurocódigo 1. Los modelos numéricos confirmaron un excelente comportamiento dinámico, obteniéndose aceleraciones menores a las admitidas por la normativa para vías con balasto, incluso para velocidades próximas a 400 km/h.

Si bien el aspecto del viaducto puede recordar a un puente colgante, su comportamiento estructural es el propio de una viga continua de canto variable con tablero inferior. En la zona sobre pilas, el momento negativo se convierte en una tracción sobre el tirante y una compresión sobre la viga longitudinal.

Proceso de empuje del tramo mixto

El sistema de montaje empleado es el denominado empuje acompasado. El



tablero del viaducto se discretizó en varios tramos que se montaron sucesivamente sobre el estribo, y fueron empujados hacia su posición final sobre los voladizos por medio de elementos de tiro auxiliares.

Para el montaje de la estructura se tuvo en cuenta el hecho, motivado por el gran esviaje de la misma, que el tablero apoya sobre las pilas por medio de pescantes o vigas en voladizo. Esto es debido a la imposibilidad de situar las pilas de un modo más centrado bajo las alineaciones de las vigas principales, pues ello conllevaría la invasión de los carriles de la autopista AP-7. Esta disposición de pilas dificultó en cierta manera, una correcta sistematización del proceso de empuje, ya que se ha requerido que el tablero completo circule a lo largo de una directriz en la que se encuentren correctamente alineados todos los apoyos.

Debido a lo anterior fue necesaria la disposición de pilas provisionales situadas en la directriz ideal que corresponde a la posición de las vigas longitudinales principales del tablero. Estas pilas provisionales en algunos casos no pudieron apoyar directamente sobre los encepados de las pilas definitivas al salirse de los mismos, además si dichos encepados se hubiesen agrandado se hubiesen invadido los arcenes de la autopista, lo cual está radicalmente impedido. Por ello, las pilas 2 y 3 del lado derecho del puente han requerido sistemas inclinados que han permitido llevar las cargas hacia la zona cubierta por dichos encepados.

El montaje por empuje acompasado puede dividirse básicamente en dos etapas:

- La primera de ellas corresponde al montaje de cada nuevo tramo sobre la bancada dispuesta a tal efecto en el estribo 1, de modo que la estructura del mismo quede apeada de tal forma que todo el ensamblaje se realice dejando el sistema con la forma ideal antes de actuar el peso propio.



- A continuación se desapea dicho tramo dejando actuar al peso propio de forma isostática; a continuación, se efectúa un ajuste angular entre los extremos de los dos elementos que han de ser unidos: el citado tramo y la estructura ya empujada. Después de proceder a esta unión con el resto de la estructura mediante soldadura el conjunto del tablero es empujado en una segunda etapa hasta alcanzar la posición en la que se puede montar un nuevo tramo.

Este proceso se repite hasta completar la estructura final en su situación definitiva.

El tablero se ha dividido en cuatro tramos que se han montado sucesivamente sobre la pista dispuesta a tal efecto en el estribo 1. Estos tramos tienen unas longitudes de 76, 69, 75 y 87 m respectivamente. Los puntos de corte entre tramos se han seleccionado de modo que coincidan con puntos de unión entre cambios de espesores de chapa y no coincidan con los puntos de momento flector máximo. Las longitudes de los tramos y las fases en las que se montan los tramos están elegidas de

modo que se minimice el número de operaciones de corrección angular necesarias para la soldadura entre tramos y para minimizar la longitud de pista requerida en la zona del estribo E-1.

Los tramos se han montado apeados sobre la plataforma del estribo, bien completos o mediante ensamblados principales. Dicha plataforma ha sido dimensionada para resistir las cargas máximas que han actuado sobre la misma, debidas al paso de los apoyos móviles que acompañan al tablero. Una vez montado el tramo se ha procedido a su desapeo y unión al resto del tablero ya montado mediante soldadura.

Entre cada montaje de tramos el puente ha sido empujado por medio de gatos y cables de tiro desde el propio estribo. Cuando el extremo del voladizo ha alcanzado una pila se ha detenido el empuje para elevar el voladizo hasta la cota de la pila por medio de equipos de elevación auxiliares situados en la nariz, instante en el que se han incorporado los sistemas de sobrevoladizo (puertas) que han permitido la rodadura del sistema de la nueva pila, descargándose en tal momento los gatos auxiliares de elevación.





La nariz ha sido el elemento que ha contactado con las pilas en primer lugar, a medida que el tablero ha deslizado sobre el estribo y las pilas. Lleva en su extremo los equipos de gatos y puertas de deslizamiento necesarios para recuperar las flechas que se producen en el voladizo y proseguir el avance. La longitud de nariz empleada ha sido una de las variables fundamentales para optimizar el proceso de empuje como se señaló inicialmente.

Montaje de tramos sobre la bancada

El montaje de los tramos se ha realizado sobre una superficie dispuesta a tal efecto en el estribo 1. Esta superficie ha estado provista de dos pistas de hormigón sobre la que se han montado los carriles que han permitido el deslizamiento de los patines que transportaban el tablero y los tramos nuevos.

Completado el empuje, el posicionamiento de la estructura sobre los apoyos definitivos se ha efectuado me-

dante gateo de la estructura en las pilas provisionales, hasta que las ménsulas de apoyo, según los casos, han contactado con los aparatos de apoyo del puente. Este gateo se ha efectuado pila a pila, simultaneando las parejas, ya que los movimientos a aplicar son del orden de milímetros, y se han realizado

de forma secuencial. Se ha comenzado en las pilas P2 y P3, para completarse definitivamente en las P1 y P4, en este orden. En esta fase se han aprovechado para efectuar las mediciones finales de todos los aparatos, los cuales han definido el estado definitivo de la estructura. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	ADIF - Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
Proyecto:	-José M ^º Warletta de Ferry. Ing. Caminos Canales y Puertos
Empresa constructora:	Constructora Hispánica, S.A.
Presupuesto:	50.428.515,23 Euros
Fecha de acabado:	Diciembre 2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:

- Longitud total obra: 9.567,67 m
- Longitud del viaducto: 574 m
- Longitud viaducto estructura mixta: 307 m
- Longitud viaducto estructura de hormigón: 267 m
- Luz vano central construido por empuje: 66 m
- Altura máxima de pilas: 8,91 m





Dentro de la línea de alta velocidad Córdoba-Málaga, encontramos en el subtramo Túnel de Abdalajís-Álora, Viaductos de los Arroyos Espinazo y Jévar, dos grandes viaductos, de 870 y 837 m de longitud, respectivamente, que salvan el paso sobre valles anchos y profundos, y están conectados axialmente por una estructura de transición que materializa una vinculación única longitudinal para el conjunto de los dos viaductos.

El viaducto Arroyo del Espinazo permite el paso de la traza sobre el arroyo del mismo nombre y su valle. Su longitud total es de 870 m, constando de dos vanos extremos de 35 m de luz y 16 vanos

intermedios de 50 m de luz. La tipología es dintel recto de construcción "in situ".

El viaducto Arroyo Jévar permite el paso de la traza sobre el arroyo del mismo nombre y sobre la carretera A - 343. Su longitud total es de 837 m, constando de vanos extremos de 40 y 47 m de luz y 15 vanos intermedios de 50 m de luz. La tipología es idéntica a la del viaducto anterior en dintel recto de construcción "in situ".

La altura de la rasante frente al terreno en ambos viaductos es variable, desde los 11 m iniciales, hasta casi 40 m donde se sitúa el arroyo en el viaducto del Espinazo y desde los 4 m iniciales, hasta casi 55 m donde se sitúa el arroyo

en el viaducto Jévar. La planta de los viaductos es recta en la parte inicial del viaducto arroyo del Espinazo, formando más adelante una curva circular a derechas de 7.250 m de radio que se mantiene en el viaducto arroyo Jévar. El alzado en ambos viaductos se sitúa en un acuerdo cóncavo de $K_v = 45.000$.

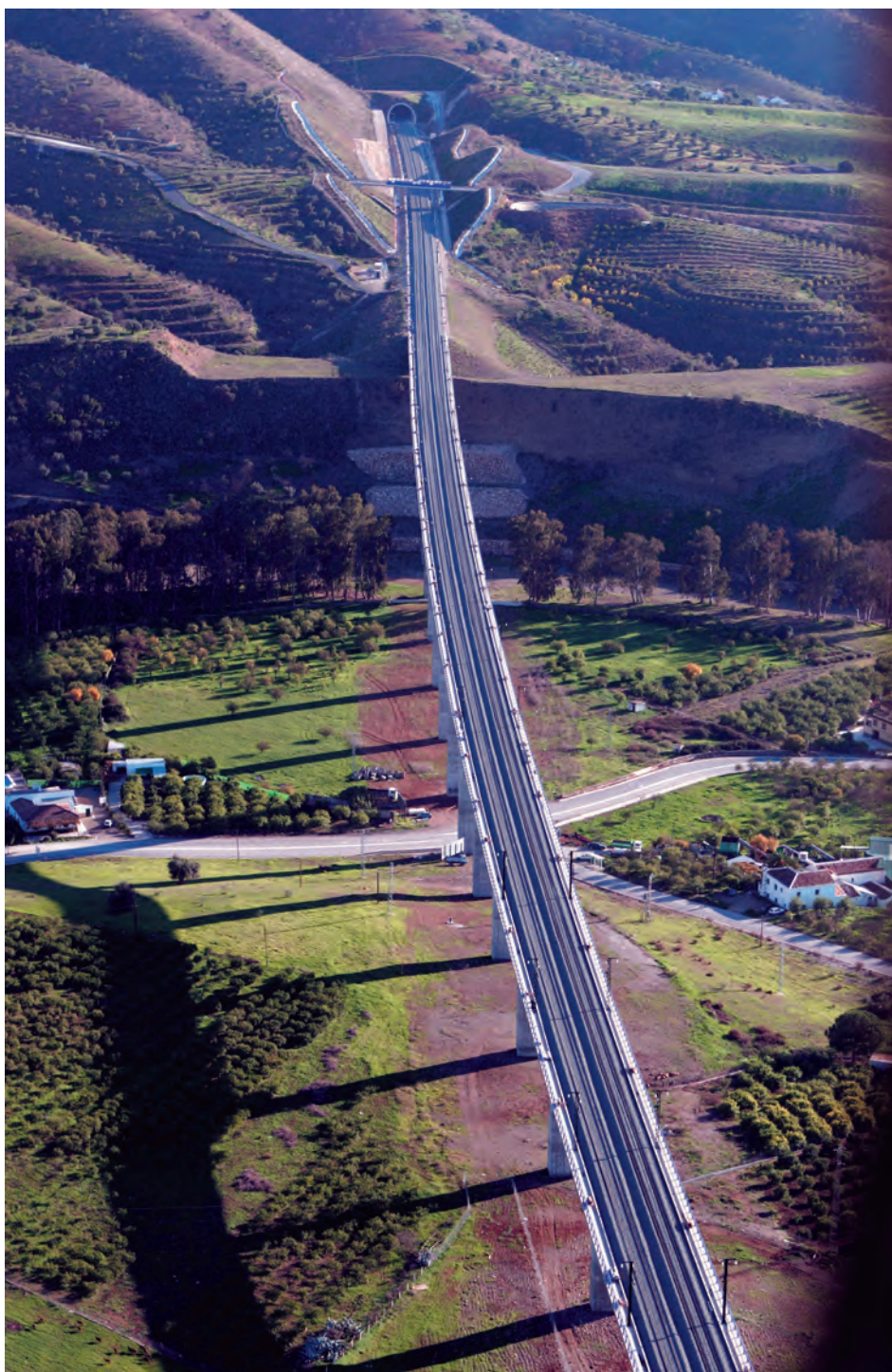
El tablero en ambos viaductos se ha construido vano a vano con cimbra autotolanzable o autocimbra desde los estribos E1. Este método consiste en construir el tablero por fases iguales a la longitud del vano, con un decalaje de 10 m. La autocimbra se monta en la primera fase, apoyada en el estribo y en la primera pila, construyéndose la longitud igual a un



vano inicial más los 10 m de decalaje. Para ejecutar las fases siguientes la autocimbra tiene la capacidad de desplazarse horizontalmente hasta su posición en la segunda fase sin apoyos en el terreno, fase en la que se apoya en el extremo del tablero ya construido y en la siguiente pila, ejecutándose la longitud total de un vano completo. Se trata de un método constructivo muy industrializado y rápido, que resuelve bien el problema de independizarse del terreno, y no tiene ningún condicionante de trazado. La sección transversal del tablero es prácticamente invariable a lo largo de la estructura. Consta de un núcleo central formado por un cajón hueco unicelular, del que superiormente arrancan sendos voladizos de 4 m de longitud cada uno. El canto de los voladizos es variable, desde los 0,20 m de su extremo, hasta los 0,50 m en la sección de empotramiento con el núcleo.

Las pilas son de tipo prismático hueco con sección constante rectangular, formadas por paredes de espesor constante de valor 0,30 m para alturas menores de 45 m y de valor 0,40 m en los 10 m inferiores en pilas cuya altura es mayor de 45 m. La forma de la sección es rectangular con formas redondeadas en las esquinas. Las dimensiones principales son 5,50 m en dirección transversal al viaducto, y 3,50 m en dirección longitudinal. Las alturas de las pilas oscilan entre 12 y 38 m en el viaducto del Espinazo y entre 10 y 55 m en el viaducto Jévar. La cimentación de las pilas es directa o profunda, según la variada composición del terreno a lo largo de la estructura, posea mayor o menor capacidad portante. La construcción de los fustes de las pilas se realizó mediante encofrado trepante, con trepas de 5 m de altura. Este tipo de construcción es altamente industrializada y ha sido utilizada habitualmente en la L.A.V. Madrid-Barcelona-Frontera Francesa.

Los apoyos dobles dispuestos sobre las pilas son deslizantes, uno de ellos con



vinculación transversal, y son colocados previamente a la ejecución de cada una de las fases del tablero a su cota definitiva. Son apoyos de tipo POT, uno de ellos con tope transversal, siendo capaz de transmitir esfuerzos horizontales transversales directamente a elementos de la infraestructura.

Estribos

El estribo 1 del viaducto del arroyo del Espinazo corresponde a la tipología de estribo abierto con derrame de tierras delantero y está cimentado de forma superficial. La geometría del estribo consta de un cabezal que ocupa los





14 m de ancho de la plataforma, la cimentación es directa mediante zapata de 14 m x 10 m y 3,50 m de canto. La tipología de este estribo se justifica por la gran altura del mismo, de 12,84 m entre cota superior y cara superior de la cimentación, permitiendo el derrame de tierras, de un valor estético mayor.

Estructura de Transición

La estructura de transición integra el estribo 2 del Espinazo y el 1 del Jévar y se define como "punto fijo" de ambas estructuras:

El estribo tiene una longitud de 36 metros entre caras exteriores y se empostra en las areniscas mediante tres pantallas de hormigón longitudinales de 35 m de longitud, 1 m de espesor y 4 m de canto y otras tres transversales de 14 m de longitud por 1 m de espesor y otros 4 m de canto. Dos tableros se unen al estribo mediante 12 unidades de 19 de 0.6", pretensadas a 250 Tn. cada una y 4 aparatos de apoyo verticales en cada tablero, mediante este pretensado se garantiza que para la situación de servicio los apoyos quedan con una compresión residual de 5 Kp/cm² y en situación de sismo el acero pretensado no alcance el límite elástico.

El estribo 2 del viaducto del arroyo Jévar se cimentó de forma superficial

mediante zapata de hormigón armado. Sin embargo las intensas lluvias acontecidas en los últimos meses de 2003 y primeros de 2004 pusieron de manifiesto posibles problemas de inestabilidad a largo plazo del talud natural de la meseta de apoyo de este estribo. Como consecuencia y con objeto de poder garantizar las condiciones de estabilidad a largo plazo de este estribo se sustituyó la cimentación superficial prevista inicialmente, por una cimentación profunda mediante un encepado de 10,0 m x 7,50 m x 2,00 m de canto con 4 pilotes "in situ" de 2.000 mm de diámetro y 17 m de profundidad.

Proceso constructivo

El proceso constructivo de ambos viaductos consta de las siguientes fases:

- Fase 1. – Ejecución de cimentaciones, estribos y pilas
- Fase 2. – Hormigonado del vano lateral inicial
- Fase 3. – Hormigonado del vano 2
- Fase 4. – Hormigonado del vano 3
- Fase 5. – Finalización de la estructura del viaducto. Ejecución de sucesivas fases de hormigonado hasta llegar al estribo 2.
- Fase 6. – Acabados. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	ADIF – Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
Proyecto:	–José Luis Pérez –Iñigo Escolar –Oscar San Millán Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos
Empresa constructora:	Sando
Presupuesto:	36.515.721,40 Euros
Fecha de acabado:	Julio 2005

CARACTERÍSTICAS

Obra:

- Longitud total obra: 3.369 m
- Longitud del viaducto Arroyo del Espinazo: 870 m
- Longitud del viaducto Arroyo Jévar: 837 m
- Canto máximo del tablero: 3,75 m
- Altura máxima de pilas Arroyo del Espinazo: 38 m
- Altura máxima de pilas Arroyo Jévar: 55 m



El pasado 27 de julio de 2006 tuvo lugar la inauguración de la Autopista de peaje AP-36 Ocaña-La Roda de 150 km de longitud y un tramo de la Autovía libre de peaje A-43 entre la N-301 y la A-3, en su enlace de Atalaya del Cañabate, de otros 30 km. Ambas obras van a permitir un tráfico mucho más fluido entre Madrid y las poblaciones del Levante y del Sureste español. El proyecto consiste en una Concesión Administrativa de 36 años (finalizando

en febrero de 2040) gestionada por Autopista Madrid Levante, Concesionario Española Sociedad Anónima; la construcción de las obras ha sido realizada por Ferrovial Agromán, S.A.

La Autopista de peaje Ocaña-La Roda arranca en la conexión del final de la Radial 4 con la A-4 y discurre paralela a la N-301 hasta su enlace con la A-31 en el término municipal de la Roda. A partir de esta inauguración, los usuarios disponen de un corredor alternativo de 200 km

de autopista que les permitirá viajar desde la M-50 en Madrid hasta La Roda, camino de Albacete, Alicante, Murcia y en general toda la zona del Levante. Complementariamente, la Autovía libre de peaje A-43 conectar transversalmente la mencionada AP-36 con la A-3 en Atalaya del Cañabate, lo que permitirá también dar servicio a los viajes con origen y destino en Madrid y Valencia/Castellón. Esta Autovía unirá además en un futuro la AP-36 con Ciudad Real.





La sección transversal de la autopista está compuesta por dos calzadas de 7 metros, con arcenes interiores de 1 m y exteriores de 2,50 m, bermas de 1 m y con una mediana de anchura de 10 m sobre la que se dispone de una cuneta central de sección triangular con anchura de 3 m. La sección transversal de la autovía es similar a la de la autopista, pero se ha respetado la mediana de 14 m dispuesta en diferentes tramos de la A-43.

Para facilitar la intercomunicación con otras carreteras, se han dispuesto 15 enlaces, 10 en la autopista y 5 en la autovía. La velocidad específica es de 120 km/hora y presenta amplios radios que varían de 7.500 m el máximo a 1.800 m el mínimo. En las proximidades de la A-31, por razones de conexión, el radio mínimo se reduce a 900 m. Dada la horizontalidad de la zona las pendientes son muy reducidas. La máxima es del 3,5% y la pendiente media es del 1% y las mínimas oscilan entre el 0,5% y el 0,2%. Además de autopista incluye cuatro áreas de descanso distribuidas uniformemente en los 150 km, y cuatro Áreas de Servicio, para garantizar el suministro de combustible a los vehículos circulantes.

La autopista Ocaña-La Roda y el tramo concesionado de la autovía A-43 in-

cluyen un total de 201 estructuras, divididas en 14 viaductos, 145 pasos superiores, 38 pasos inferiores o de ramal y 4 ampliaciones de estructuras existentes. La característica más notable de este capítulo es el del elevado número de estructuras existentes en la obra, que ha llevado a la necesidad de uniformizar tipología y luces al máximo, y a utilizar la prefabricación masiva de los tableros, para poder cumplir los plazos previsto de ejecución. La superficie construida del total de los tableros es de unos 140.000 m².

Trece de los 14 viaductos existentes en la obra permiten el paso del tronco sobre vías de agua y cauces fluviales, y se han resuelto con doble tablero formado por vigas doble T y losa de compresión; se trata de tableros isostáticos dotados de continuidad de losa sobre las pilas y juntas de dilatación solamente en los estribos. Las pilas son de doble fuste circular coronadas con un dintel que sirve de apoyo a las vigas. Los estribos son cargaderos sobre terraplén o sobre macizo de tierra armada.

Excepcionalmente, el otro viaducto discurre sobre el tronco principal, por lo que se le ha dado la tipología típica de los pasos superiores descritos a continua-

El gran número de pasos superiores ha obligado a elegir una refabricación y uniformización máxima de los tableros con el fin de poder responder al reto de cumplir con el plazo de ejecución impuesto, todo ello sin rebajar la calidad estética y funcional que se supone a los pasos superiores de una autopista, ya que son éstas las estructuras que con su visión continua, mas condicionan la impresión que el usuario de la autopista se hace sobre la calidad de la misma. El cuidado en el diseño de los pasos superiores de la Autopista AP-36 se puede apreciar en las formas de las pilas que recuerdan a los de la Radial 4 pero en hormigón.

Si exceptuamos el paso superior del entronque final de la autopista con la A-31 donde finaliza, el resto de los pasos han sido diseñados con las siguientes características:

- Tienen tableros hiperestáticos formados por viga monocajón prefabricada conectada a una losa de compresión construida con el empleo de prelosas.
- Estos pasos se han proyectado sin pila en mediana, lo que repercute en una mayor seguridad de la autopista y en una mayor calidad estética, determinada por una gran diafanidad al tener tableros acartelados sobre pilas de gran esbeltez en sus vanos centrales.
- Generalmente son de tres vanos con las pilas separadas 6 m desde la línea blanca y vanos extremos con luces del orden del 35% de la del vano central; esta descompensación, surgida con la intención de no aumentar innecesariamente las longitudes de los pasos, determina la necesidad de evitar mediante algún dispositivo el despegue de los pasos, determina la necesidad de evitar mediante algún dispositivo el despegue de los apoyos sobre los estribos.
- El procedimiento elegido es, no el convencional pretensado vertical que plantea siempre dudas de con-



servación, si no el de dotar a los estribos de un apoyo inverso, con unos neoprenos para cargas verticales descendentes y otros para cargas verticales ascendentes. La disposición adoptada permite en el futuro la sustitución de los neoprenos deteriorados con sencillas operaciones mediante el empleo de gatos. Esto no sería posible con neoprenos o tableros anclados al estribo.

- La mitad de los pasos han sido dotados de pilas de hormigón con diseño especial, consistentes en un núcleo cilíndrico armado y doce aletas radiales sin armar. Con el fin de absorber los rasantes que puedan producirse en el arranque de las aletas y aumentar su resistencia frente a golpes, el hormigón de estas pilas se ha reforzado con fibra metálica. El buen acabado de estas pilas junto con el buen gusto de los dibujos elegidos para sus coronaciones dan una notable calidad estética al conjunto.

Entre tantas estructuras iguales destacan dos en el enlace de La Roda por su singularidad y originalidad. La estructura de Los Arcos surge para resolver un problema geométrico y por tanto, no es un alarde infundado. Este paso permite el cruce de la calzada derecha de la A-31 sobre el tronco de la autopista, y lo hace con un gran esviaje cercano a los 15 grados.

Esto hace que, aun disponiendo pila en mediana, las luces resultantes son del orden de los 82 m, imposibles de salvar con una estructura tradicional. La solución adoptada ha sido la de dividir estas luces a la mitad, creando apoyos intermedios del tablero mediante su cuelgue de dos arcos dispuesto en los puntos de cruce de la calzada superior con cada una de las dos inferiores. Estos arcos, de directriz sensiblemente parabólica, se han proyectado con sección mixta de acero-hormigón, y de ellos se cuelga el tablero mediante el concurso de péndolas formadas por ca-



bles de pretensado. Con el fin de dotar al tablero, que se proyecta con una tipología idéntica al del resto de los pasos superiores, de una mayor rigidez transversal, las pilas se han proyectado

también con sección mixta y con empotramiento transversal en el tablero.

Los pasos inferiores de dimensiones 8 x 5,80 m bajo la autopista se han diseñado como marcos prefabricados,





compuestos por dos secciones en U invertidas, que se ensamblan a media altura de los hastiales mediante dos apoyos en rótula. Esta disposición, de gran simplicidad constructiva, se completa con las necesarias aletas compuestas con módulos de muros de hormigón prefabricado.

Ampliaciones

De las cuatro ampliaciones que hay en la obra, todas ellas lo son de pasos superiores existentes en la A-4, R-4 ó A-31. Los dos de la A-4 consisten en la

construcción de un paso inferior a cada lado de cada una de estos pasos; estos cuatro pasos inferiores resultantes se han proyectado con tableros de vigas artesa.

En el paso de R-4 ha sido necesario cortar el terraplén existente en uno de sus vanos extremos, para permitir el paso de un nuevo ramal del enlace de la R-4. Esto se hecho mediante el anclaje a unos pilotes previamente ejecutados, de unas placas horizontales prefabricadas montadas en proceso descendente previo corte de la banda correspondiente de terraplén. El aspecto final es

el de un muro prefabricado con berenjenas horizontales de gran simplicidad estructural y estética.

Cerca de Los Arcos, sobre la A-31, existía ya un paso superior de cuatro vanos con tablero de losa postesada cuyas pilas se veían afectadas por la ampliación de la autopista, por lo que había que eliminarlas. Entre las soluciones posibles se eligió la sustitución del apoyo por un tirante y un mástil retenido en el estribo. Sin embargo, con objeto d limitar los movimientos en ese apoyo se dispusieron como tirantes cuatro estructuras metálicas con forma de mástil atirantado relle-





- Centro de Control de vigilancia 24 horas, los 365 días del año.
- Sistema cerrado de cámaras ITS conectadas al Centro de Control.
- Postes SOS cada 2 km a lo largo del trazado.
- Elementos de balizamiento para reforzar la visibilidad.

Medio Ambiente

El cuidado del entorno del trazado de la autopista se ha tenido en cuenta desde el principio, llevándose a cabo aquellas acciones previstas por la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) específico para AP-36 y A-43 para la minimización y corrección de los impactos ambientales derivados de la fase de construcción que tendrán su continuidad una vez comenzada la fase explotación. Además se han tomado medidas concretas para preservar la Fauna y Flora en el ámbito de la autopista que se mantendrán y revisarán de forma periódica. Dos de los tramos están cercanos a la ZAPA (Zona de Especial Protección para las Aves) del denominado "Área Estepario de la Mancha Norte", en el que habitan, entre otras aves, avutardas y sisones. Se ha diseñado un Plan de Vigilancia de Aves Esteparias con el fin de comprobar la adecuación de las medidas adoptadas para su protección. ♦

nas de hormigón precomprimido, dispuestas a ambos lados del tablero y apoyadas sobre unas nuevas pilas de hormigón construidas fuera de las zonas de ocupación de las nuevas calzadas.

Estas cuatro estructura metálicas sustituyen a las pilas a demoler en cuanto sirven de nuevos apoyos del tablero. Para conseguir este apoyo se hizo necesario elevar el tablero mediante gatos, de manera que una vez descansando en su nueva posición se consiguió el gálibo inferior de 5,30 m que se está respetando en todos los pasos sobre la autopista.

Peaje y mantenimiento

El sistema de peaje es del tipo cerrado, es decir, el usuario recoge un ticket a la entrada de la autopista y lo entrega a la salida pagando exclusivamente por los kilómetros realmente recorridos. El recorrido total con peaje es de 122 km. Se disponen dos áreas de peaje troncales junto a los enlaces de Corral de Almaguer y San Clemente y cuatro áreas laterales en las Salidas a Corral de Almaguer, Quinta-

nar de la Orden, Mota del Cuervo y El Pedernoso. En todas ellas se ha implementado un sistema de peaje dinámico o te-lepeaje Vía T.

Seguridad

Para reforzar la seguridad, la autopista AP-36 cuenta con los equipos necesarios para garantizar la seguridad de los usuarios durante el trayecto:

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Ministerio de Fomento - Dirección General de Carreteras
Proyecto:	Ferrovial Agroman - Dirección Técnica
Empresa constructora:	Ferrovial Agroman
Presupuesto:	525 Millones de Euros
Fecha de acabado:	Julio 2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:

Autopista de peaje de 150 km de longitud, compuesta de dos calzadas de 7 m, arcenes interiores y exteriores de 1 y 2,50 m, bermas y mediana de 10 m de anchura. Incluye 201 estructuras, divididas en 14 viaductos, 145 pasos superiores, 38 pasos inferiores y 4 ampliaciones de estructuras existentes.



La villa San Salvador de Bayamo fue fundada el 5 de noviembre de 1513, en las márgenes del Río Yara donde fue necesario que los conquistadores enfrentaran y derrotaran a los indígenas comandados por el Cacique Hatuey. Los españoles, denominaron al lugar como San Salvador de Yara como atributo protector ante los constantes ataques de los indígenas. Un año más tarde la villa fue trasladada hacia el cacicazgo de Bayamo, a la que denominaron San Salvador de Bayamo.

Desde 1936 se le concede a la ciudad de Bayamo la condición de Monumento Nacional por su rica historia. El Centro Histórico Urbano (CHU), con un área aproximada de 31.1 ha posee un total de 47 manzanas. Se caracteriza por presentar una cuadrícula semi regular orientada de norte a sur en su porción principal. Las principales vías de tránsito como la calle Zenea, José Martí, General García, Céspedes y Máximo Gómez, se orientan paralelas en el sentido referido y se caracterizan por su estrechez, por lo que el tránsito por esta zona de la ciudad es fluida con una gran contaminación sonora. Posee cinco plazas: La plaza de San Francisco, del Himno Nacional, plaza de la Revolución, plaza del Cristo y de La Luz. La zona de mayor significación se localiza en la plaza del Himno Nacional donde se encuentran los inmuebles mejor conservados de la arquitectura colonial y republicana.

La circulación vehicular y en especial la de vehículos pesados a través de la ciudad de Bayamo, ha provocado durante años afectaciones al medio ambiente, teniendo en cuenta la magnitud de las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera que afectaban directa o indirectamente la salud de las



personas como principal daño, a las vías públicas, las viviendas por las vibraciones así como los altos niveles de ruido que provocaban un constante malestar de los habitantes constituyendo un verdadero impacto negativo sobre el medio ambiente.

La solicitud de la construcción de la Circunvalación sur de Bayamo está fundamentada por la necesidad de ejecutar este vial, y dotar a la capital provincial de una vía que circunvalara a la ciudad. La propuesta de construir la rama sur de 6,711 km de longitud, es necesaria por la fluidez que se logra en el movimiento vehicular en la red vial de la ciudad, al eliminar los tranques o demoras en los flujos vehiculares que atraviesan la ciudad, en la reducción de la incidencia de los ciclos en la accidentalidad y en la disminución de los tiempos de recorrido en especial de los vehículos



que van desde o vienen del Oriente del país.

La longitud inicial de este tramo de vía es de 5711.57 m y su trazado es prácticamente el mismo que el de 1979. En este segundo proyecto se prolonga la vía 1 km más integrando otras tres vías: Carretera Tunas-Bayamo, Acceso a Mabay y Calle Amado Estévez. La obra fue concebida como una avenida de 4 vías con separador central y drenaje superficial. En general se proyectó con soluciones sencillas, teniendo en cuenta las limitaciones de recursos que nos impone la difícil situación económica del período especial que nuestro país vive desde la década del 90.

Además de la carretera central vía Santiago de Cuba y la carretera de Manzanillo, la circunvalación asume un tramo de la carretera del Almirante y atraviesa varios caminos vecinales. En cada una de estas intersecciones, no se necesitó del diseño de soluciones complejas. Atendiendo a las necesidades de la carretera de El Almirante y de las carreteras Central y Bayamo-Man-

zanillo, se escogió una solución a nivel, canalizada con isletas, muy funcional, en las cuales se realizan los diferentes giros con la suficiente comodidad y seguridad.

El proyecto concebido y ejecutado para salvar el río Bayamo, lo constituye una estructura de hormigón armado. La

superestructura está compuesta por vigas de 25 m en las luces centrales y de 16 m también en las luces extremas. El tablero está compuesto además de las vigas, de losas prefabricadas de 2.49 m de longitud y por una losa hormigonada in situ. La cimentación es indirecta con pilotes. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Centro Nacional de Vialidad -Homero Crabb Valdés - Lic. -Carlos Fidel Sánchez Paz - Ing.
Proyecto:	Empresa de Diseños Granma - Edigran -Carlos Cedeño Agramante - Ing. -Héctor Rosabal G. - Ing. -Sigfrido Barrera - Ing.
Empresa constructora:	Empresas de Micons - Micons Granma -Javier Ansorena - Ing. Caminos, Canales y Puertos
Presupuesto:	
Fecha de acabado:	Diciembre 2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:	
	Circunvalación Sur de Bayamo con una longitud de 6.711 m.

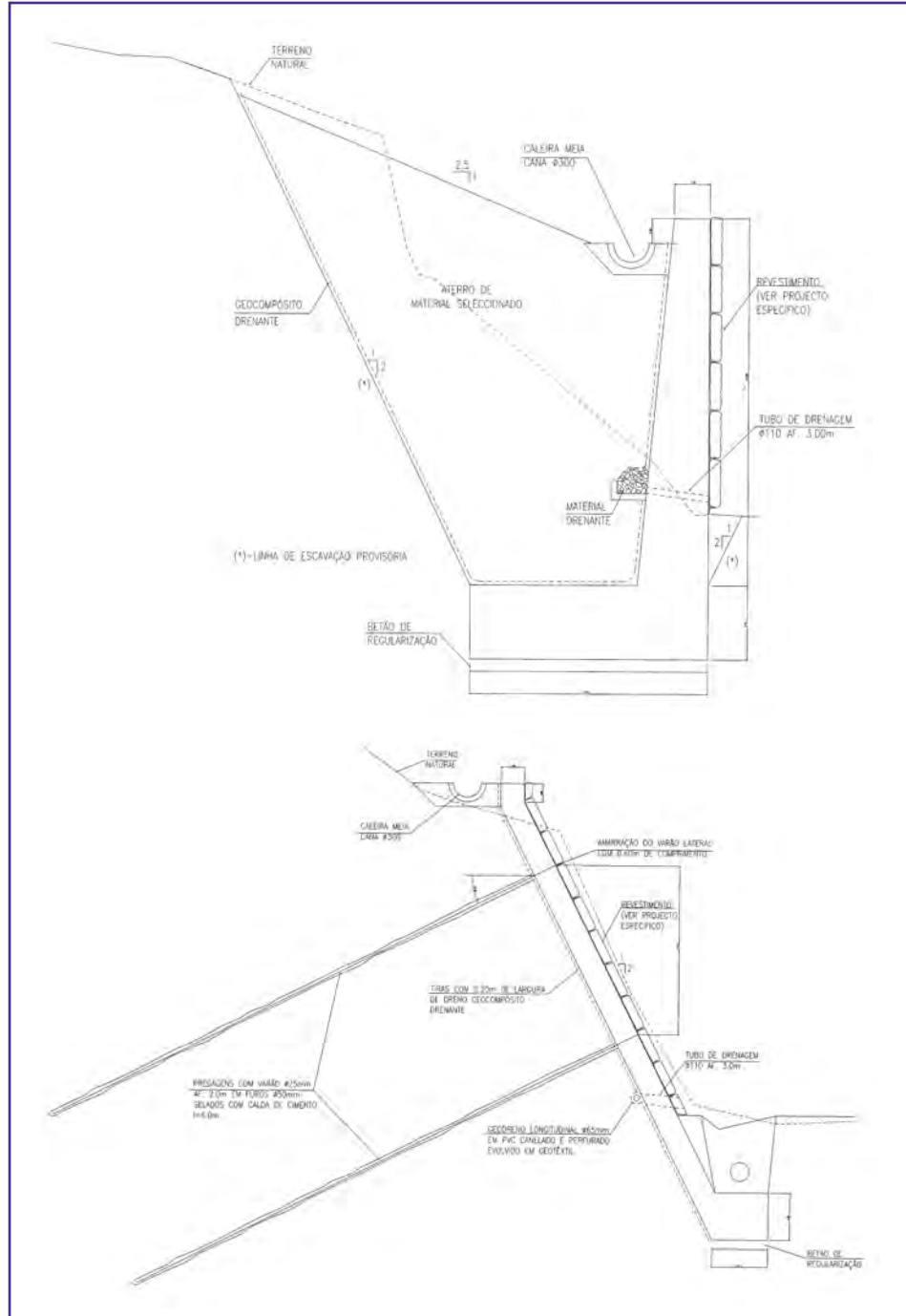




En el verano de 2004, un incendio de grandes proporciones devastó la cobertura vegetal de las laderas de la Sierra de Arrábida, en el distrito de Setúbal. Esta zona, situada en el Parque Natural de Arrábida, está calificada como gran y rara belleza natural y de enorme significado ambiental por las especies de flora y fauna que habitan tanto en tierra como a nivel marítimo.

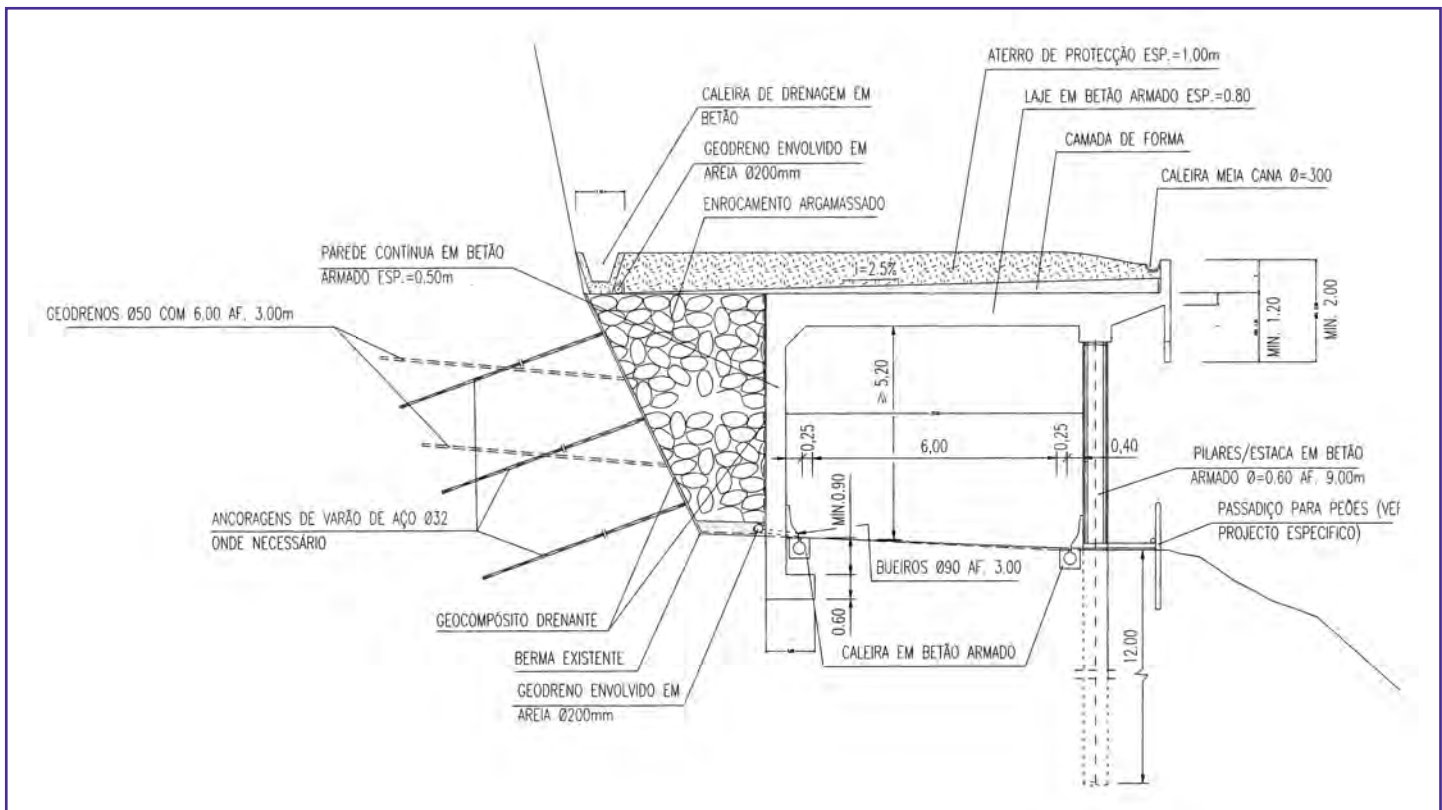
La pérdida de la cobertura vegetal provocó un aumento notable de la erosión superficial y la frecuencia e intensidad de la caída de bloques de media y gran dimensión en una extensión de 4 km, poniendo en grave peligro el tránsito por dicha zona, hasta el punto que las autoridades públicas dispusieron el cierre de este tramo de la carretera nacional, impidiendo que los ciudadanos tuviesen acceso a una parte significativa del Parque Natural de la Arrábida. Ante semejante problema la entidad responsable de la gestión y conservación de la zona tuvo que:

- Desarrollar un proyecto que posibilitase la contención de las avalanchas y aminorase los riesgos asociados a este tipo de fenómenos.
- Realizar el estudio de Impacto ambiental.
- Ejecutar la obra en un plazo de un año, devolviendo las condiciones de



seguridad a los ciudadanos y turistas que utilizan las principales y mas emblemáticas payas de la región. Obra de gran complejidad técnica, basa-

da en la colocación de barreras dinámicas y redes de cables de acero, en una zona enfrentada al mar y con escasos y difíciles accesos.



Geología

La estructura geológica está representada por el anticlinal de Ferosino. Su flanco sur está sumergido, en parte, en la plataforma continental, mientras que la parte emergida, que constituye la vertiente de la Sierra de la Arrábida a lo largo del tramo de carretera citado, el anticlinal está cortado y desmantelado por la erosión, mostrando capas con inclinación general Norte y observándose cabalgamientos de las areniscas y arenas miocénicas por formaciones jurásicas, calcáreas y dolomíticas.

Tratamiento

Para definir el tipo de tratamiento a realizar se dividió el tramo en tres zonas:

- Zona A: De peligrosidad muy elevada.
- Zona B: De peligrosidad elevada.
- Zona C: De peligrosidad baja o nula.





Los trabajos de corrección siguieron el siguiente proceso:

- Trabajos previos de accesos y limpieza de taludes.
- Estabilización o saneamiento de bloques y masas rocosas.
- Estabilización global mediante la extensión de mallas reforzadas ancladas en los taludes.
- Barreras dinámicas colocadas en los taludes más alejados de la carretera, en los que su visibilidad era grande y, por tanto, los condicionamientos paisajísticos asumen mayor peso. Se evitaba así la caída de bloque en la carretera. Estas situaciones estaban esencialmente asociadas a taludes que constituían planos muy inclinados y de gran desarrollo, en los que la limpieza de los taludes y la eliminación de bloques potencialmente inestables se tornaba inviable.

- Estas estructuras están constituidas por redes de acero de elevada resistencia, de 5 m de altura, soportadas por postes metálicos o de madera tratada anclados en la ladera.
- Pórticos de protección de la carretera constituidos por estructuras de hormigón armado-falso túnel.

- Muros soporte de hormigón anclado al terreno, de diversas formas y muros de hormigón ciclópeo.

El trabajo fue ejecutado en once meses, realizándose el 15 de junio de 2006 la apertura al público de la playa de Figuerinha de forma controlada. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	EP Estradas de Portugal
Proyecto:	Proyecto Base: Coba Consultores Engenharia e ambiente, S.A. Proyecto de Ejecución: Teixeira Duarte, Engenharia e Construções, S.A.
Empresa constructora:	Teixeira Duarte, Engenharia e Construções, S.A.
Presupuesto:	15.984.616 Euros
Fecha de acabado:	Septiembre de 2005

CARACTERÍSTICAS

Obra:

Obra de gran dificultad técnica, basada en la colocación de barreras dinámicas, redes de cables de acero y estructuras de hormigón.

La central hidroeléctrica de Irapé está situada en el tramo medio del río Lequitinhonha, en la región nordeste del estado de Minas Gerais, en los municipios de Berilo (margen derecha) y Grao Mogol (margen izquierda). La central, de 406,6 MW de potencia instalada, aprovecha un desnivel de 185 m, en una zona de relieve muy accidentado, tipo cañón, en terreno geológico geoquímicamente adverso debido a los altos porcentajes de minerales sulfatados presente en el cuarzo micasquisto grafitoso de las fundaciones. Su producción anual es de 1.807 millones de kWh.

Fueron necesarias soluciones innovadoras de ingeniería para hacer frente a los posibles drenajes ácidos resultantes de la oxidación de los minerales sulfatados y a las dificultades constructivas al tratarse de un valle muy encajonado. Se optó por impermeabilizar todos los contactos hormigón-roca, distribuir adecuadamente los materiales en el cuerpo de la presa y utilizar áridos exentos de sulfatos. Para hacer frente a las dificultades topográficas se plantearon accesos en túnel y estructuras subterráneas para las conducciones forzadas y conductos de los aliviaderos.

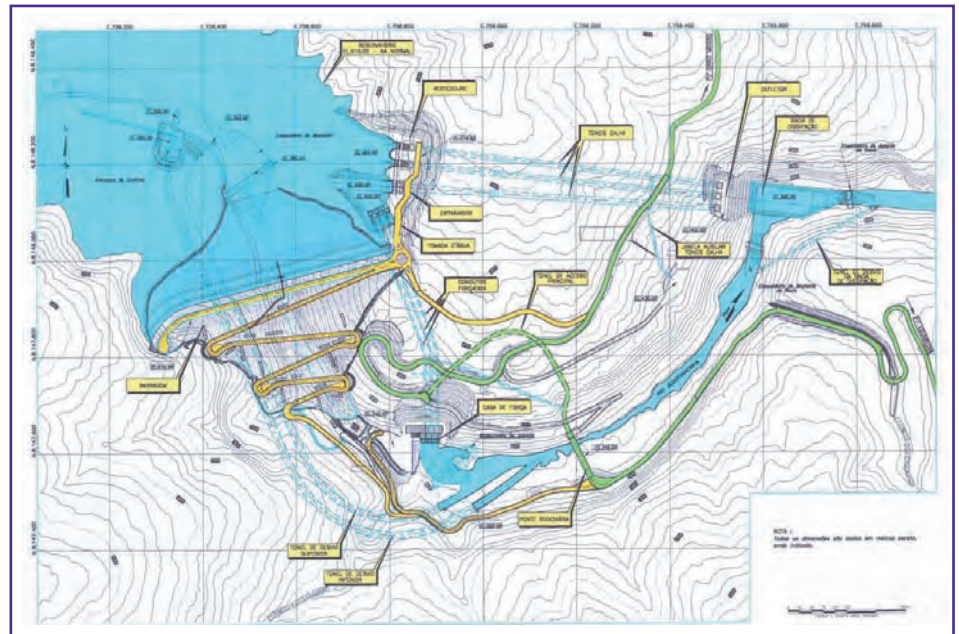
La presa es de escollera con núcleo de arcilla de 209 m de altura, la más alta en su género de Brasil. También las compuertas de segmento instaladas en los aliviaderos están consideradas entre las mayores del mundo. Los primeros estudios de la cuenca del río Lequitinhonha se iniciaron en 1963. El proyecto de viabilidad se concluyó en 1993 y los estudios del proyecto básico se realizaron entre 1998 y 1999. La concesión para la construcción y explotación del aprovechamiento Hidroeléctrico de Irapé a Cemig se realizó el 28 de febrero de 2000, iniciándose las obras en febrero de 2002, la



embalsada comenzó el 7 de diciembre de 2005 y los tres grupos de la central empezaron a funcionar a lo largo de los meses de julio, agosto y octubre de 2006.

La obra

Los elementos fundamentales del proyecto son:





- Presa de escollera con núcleo de arcilla, de 209 m de altura y 551 m de desarrollo en coronación, construida con materiales procedentes de las excavaciones y, por tanto, con contenido de sulfatos, empleados en la zona de escollera de aguas abajo, no en contacto directo con el agua y por materiales procedentes de cantera, sin contenido de sulfatos y colocados en la zona de aguas arriba en contacto con el agua del embalse. La presa crea un embalse de 137,16 km² de superficie y 5.964 millones de m³ de capacidad a cota 510.
- La regularización del fondo del cañón se realizó mediante hormigón compactado con rodillo, utilizando cemento resistente a los sulfatos.
- Aliviadero de superficie en margen izquierda, constituido por dos túneles en carga con lanzamiento en forma de salto de esquí sobre un cuenco

amortiguador. Su capacidad es de 3.798 m³/s, dotado de compuertas tipo segmento de 7 x 10,31 m. La cota de solera es la 492.

- Aliviadero de medio fondo, paralelo al anterior y lanzamiento similar sobre el citado cuenco. Su capacidad es de 3.705 m³/s, dotado de compuertas





tas tipo segmento de 7 x 10,31 m. La cota de solera es la 450,11.

- Tomas de agua y conducción forzada, situadas también en margen izquierda en número de tres. La toma está controlada por compuertas de tipo vagón de 3,91 x 5,16 m, los conductos son de 4,6 m de diámetro (en hormigón) y 3,8 m en el tramo metálico
- Central exterior dotada de 3 turbinas Francis de 135,5 MW de potencia unitaria, para un caudal de 88,5 m³/s y altura de salto de 166,50 m.
- Órganos de desvío constituidos por la atagüía, contragüía y dos túneles, situados en margen derecha. La capacidad de desvío es de 3.540 m³/s.
- La riada máxima prevista es de 7.946 m³/s.

Soluciones del proyecto adoptadas

Debido a la presencia de minerales de sulfato en la matriz rocosa de la roca de las obras, las aguas circulantes en el macizo rocoso podían contener ácido sulfúrico resultante de la oxidación de estos minerales, siendo por tanto muy agresivas para los hormigones. Por ello se adoptaron tratamientos específicos de las superficies rocosas en contacto con los hormigones de las estructuras. También en la concepción de la presa de escollera se tuvo en mente las condiciones geológico-químicas de la zona de su implantación. La zonificación interna de la escollera-arcilla de la presa tuvo en cuenta la posibilidad de efluentes ácidos no solo en el embalse, sino también en las

aguas de circulación del propio macizo de apoyo de la presa, constituido en gran parte por bloques provenientes de las excavaciones realizadas y, por tanto, de rocas sulfatadas. Se dispuso, asimismo, de instrumentación específica para controlar la evolución del efecto de la percolación citada.

Hormigones

En la fabricación de los hormigones se utilizó cemento resistente a los sulfatos. Su dosificación y granulometría fue encaminada a lograr hormigones densos, de muy baja permeabilidad.

Protección contacto roca-hormigón

Tratamiento para aislar el contacto directo con los agentes agresivos, mediante películas de resinas epoxídicas y revestimientos a base de poliuretanos.

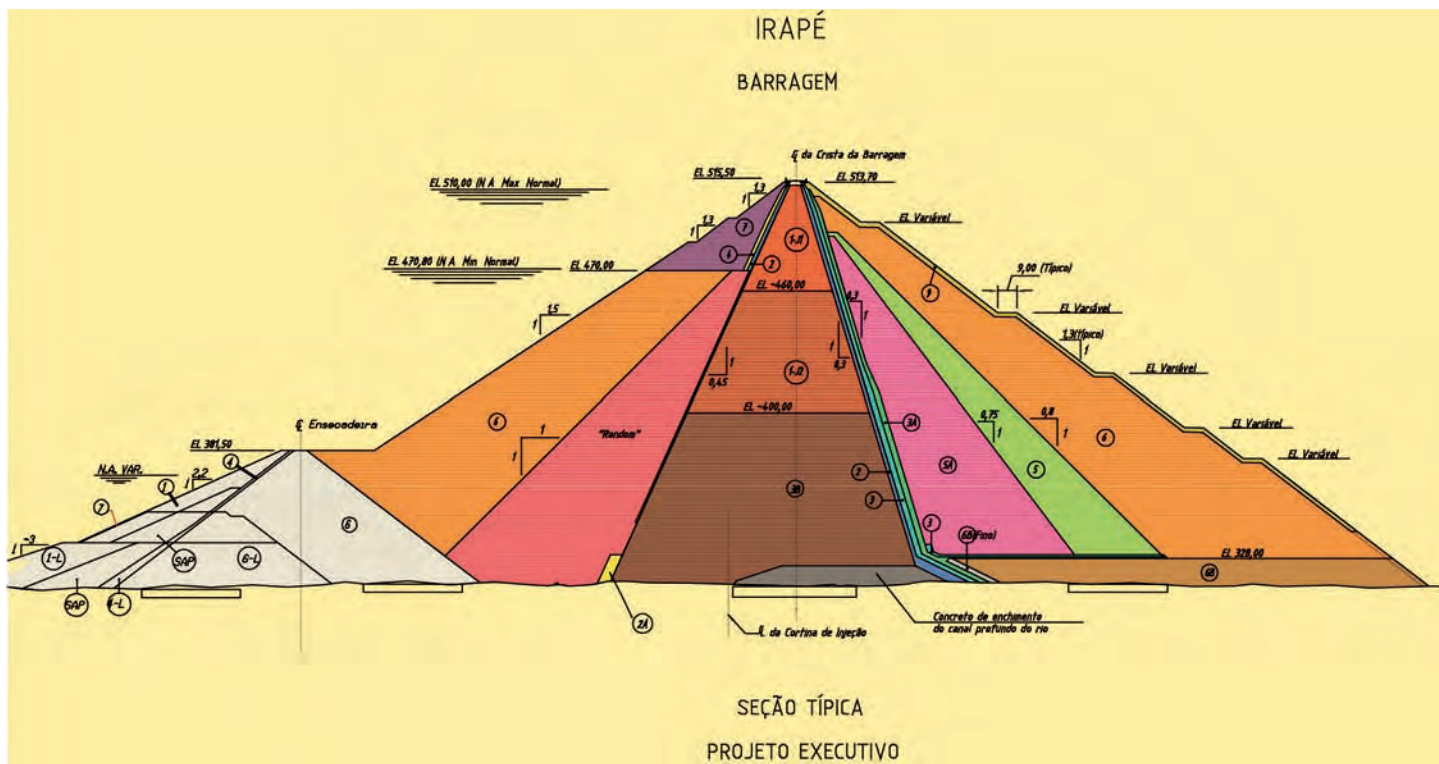
Zonificación del cuerpo de la presa

La presa de Irapé es de escollera con núcleo central delgado, constituido por material arcilloso, con taludes aguas arriba y aguas abajo 1,0:1,5 H. El volumen total de materiales es de 10 x 106 m³. La coronación tiene una anchura de 13 m y está situada a cota 514,7.

Gran parte del material utilizado en el cuerpo de la presa proviene de las excavaciones del canal de aproximación del aliviadero y de la toma de agua. Es de tipo cuarzo-micasquisto sulfatado. También se utilizó material proveniente de una cantera, situado aguas debajo de la presa y que, prácticamente no contenía sulfatos.

La distribución en el cuerpo de la presa, aguas arriba del núcleo, se hizo de manera que los materiales con menos contenido en sulfatos estuvieran en contacto con el agua, reservándose los de mayor contenido para la zona de aguas abajo del núcleo. Los filtros y transiciones están constituidos por arenas naturales y materiales procesados pro-





cedentes de la cantera citada y, por tanto, sin contenido de sulfatos.

Debido a las condiciones geométricas del canal más profundo y estrecho del río, francamente desfavorable para la distribución de tensiones en el núcleo de la presa, se decidió rellenar el fondo con hormigón compactado con rodillo,

debidamente protegido por una película de material epoxídico aplicado en varias capas.

Anclaje y tratamientos profundos

Todas las barras de anclaje recibieron un tratamiento para resistir la acción

de los ácidos y los hormigones proyectados fueron fabricados con cementos resistentes a los sulfatos. También los morteros de relleno de las barras de anclaje. Asimismo, las lechadas de cemento utilizadas en el tratamiento profundo de las fundaciones de las estructuras de Irapé, principalmente bajo la presa, fueron confeccionadas con cemento resistente a los sulfatos y con la adición de sílice activa, escoria y otros productos.

Conclusiones

El aprovechamiento Hidroeléctrico de Irapé debido a sus particularidades de accidentada topografía y geología de rocas ricas en sulfatos, con generación de efluentes ácidos, ha merecido por parte de sus promotores y de las empresas que componen el Consorcio Constructor, una gran atención y esfuerzo a la hora de plantear las soluciones adoptadas. Estas soluciones han sido el resultado de profundas investigaciones, con la participación inclusive de consultores internacionales que ya han vivido situaciones semejantes, principalmente



en minerales con generación de efluentes ácidos. La obra ha sido dotada de diversos instrumentos que permiten el control constante de sus estructuras. Aun así, nos tememos que, dada la complejidad de las estructuras, las medidas adoptadas, que consideramos acertadas, no serán suficientes para que en un futuro mas o menos lejano, aparezcan síntomas de deterioro de los hormigones. Será por tanto necesario un seguimiento muy intenso para, en cada momento, realizar las operaciones de saneamiento necesarias.

Acciones sociales

Uno de los focos de resistencia a la obra fue debido a que el embalse creado por la presa, obligaba a redistribuir a unas 1.100 familias que vivían en las márgenes del río. Enraizadas en aquellas regiones, desarrollando una manera propia de vivir y cultivar la tierra, conectadas por fuertes lazos culturales y de vecindad obligaba a considerar este problema de forma peculiar. Así, tras la actuación de diversos organismos estatales, y de entidades relacionadas con los movimientos sociales de la región, que se movilizaron con gran intensidad, se firmó un Acta en virtud de la cual alrededor de 650 familias eligieron que los representaran en condiciones tales que preservaran sus lazos de amistad, cultura y relación. Ha sido una de las acciones socio-ambientales más complejas.

Otras medidas socio ambientales

La falta de saneamiento básico en varios municipios de la región sometió a la población a la contaminación por metales pesados. El río Laquitinhonha era considerado de clase 2 en el índice de calidad de las aguas y por tanto necesitaba un tratamiento convencional antes de usar sus aguas como consumo humano. Los promotores realizaron una serie de obras de saneamiento básico en el entorno del embalse. ♦



FICHA TÉCNICA

Promotor:	Cemig Geração e Transmissão, S.A.
Proyecto:	Leme - Intertechne
Empresa constructora:	Consorcio Constructor Irapé: Andrade Gutierrez. Odebrech. Ivaí. Hotchief. Voith Siemens.
Presupuesto:	
Fecha de acabado:	Octubre 2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:

Río Laquitinhonha. Caudal modular 158 m³/s

Embalse: 5.964 Hm³

- Riada de proyecto: 7.946 m³/s
- Caudal de desvío: 3.540 m³/s

Presa de escollera con núcleo de arcilla:

- Altura: 209 m
- Desarrollo: 551 m

Alviadero de superficie en túnel:

- Capacidad: 3.798 m³/s

Desagüe de fondo:

- Capacidad: 3.705 m³/s

Central:

- Potencia: 3 grupos de 135,5 MW cada uno
- Salto: 166,5 m
- Producción: 1.807 millones kWh/año

Resumen obras:

- Hormigón convencional: 214.416 m³
- Hormigón proyectado: 11.904 m³
- Hormigón compactado: 15.318 m³
- Escollera compacta: 5.919.354 m³
- Suelo compacto: 4.545.524 m³
- Transición compacta: 458.828 m³

Filtro: 132.415 m³



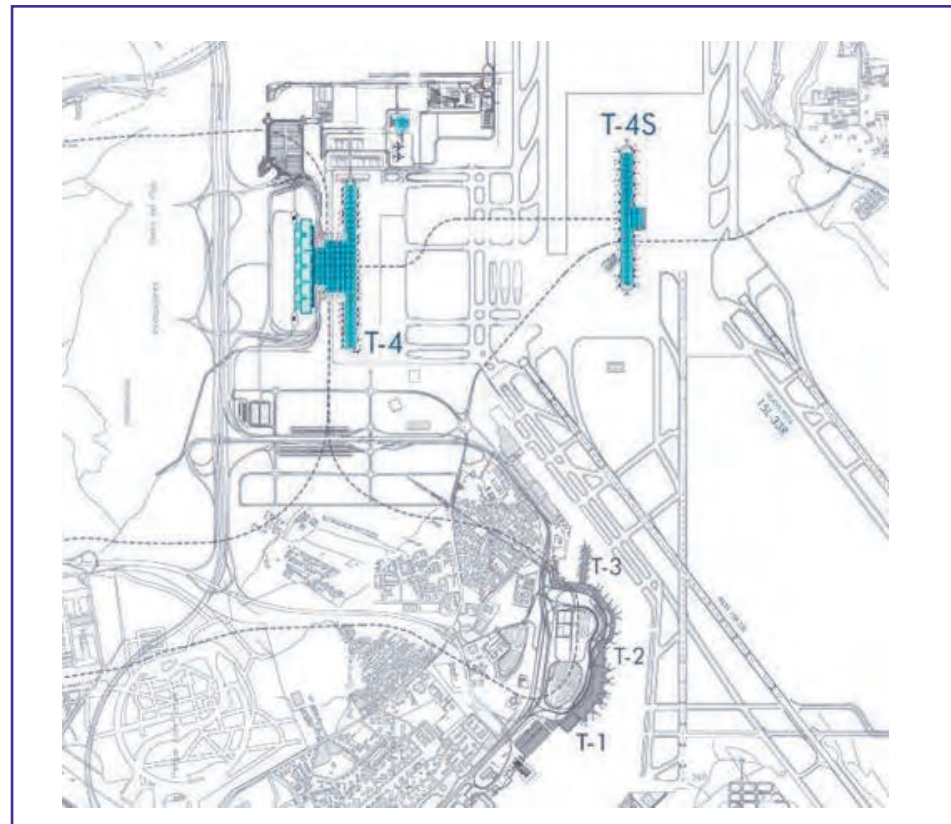
El Aeropuerto de Madrid-Barajas registró durante el año 2005 cerca de 42 millones de pasajeros y 417.700 operaciones, gracias a la puesta en operativa del programa de modernización y ampliación de instalaciones. La trascendencia socioeconómica y de eje de comunicaciones del aeropuerto, unida a los problemas de capacidad que registraba ante el ingente volumen de tráfico que registraba; obligó a iniciar, a mediados de la década de los 90, una ambicioso proceso de ampliación dirigido a ampliar su capacidad, mantener su posición internacional y sobretodo, ofrecer un servicio de calidad a la altura del exigido por pasajeros y compañías aéreas.

En una primera fase, la ampliación consistió en la construcción y la puesta en servicio pista de vuelo más larga de Europa, una nueva torre de control y la ampliación de las terminales existentes. La fase actual contempla la puesta en marcha de nuevas terminales, modernas infraestructuras, nuevas pistas y avanzados sistemas tecnológicos.

El resultado, hoy, es un gran aeropuerto interconectado, con cuatro terminales dotadas de todos los servicios propios de unas modernas instalaciones aeroportuarias, cuatro pistas de vuelo, modernos sistemas tecnológicos y altos niveles de calidad, con capacidad para atender más de 70 millones de pasajeros al año, y realizar 120 operaciones/hora.

Alcance Socio-Económico

El Aeropuerto de Madrid-Barajas es uno de los principales dinamizadores de la economía y el empleo en la comunidad de Madrid. De hecho es la primera empresa de Madrid: un motor que estimula todo el tejido económico regional, y genera una fuerte demanda





de empleos directos, indirectos e inducidos.

Actualmente, más de 35.000 personas trabajan directamente en el aeropuerto. Según un estudio de la consultora National Economic Research Associates (NERA), genera más de 170.000 puestos de trabajo, el 8,9% del empleo de la Comunidad de Madrid, y aporta a la economía regional más de 10.217 millones de euros; lo que representa el 13% del producto regional bruto (PRB).

Con el desarrollo de las nuevas infraestructuras e instalaciones, estas cifras podrán llegar a duplicarse en solo diez años. Se crearán hasta 300.000 empleos y se duplicará la masa salarial generada por el aeropuerto hasta los 6.000 millones de euros. La aportación de Madrid-Barajas a la PRB alcanzará entonces los 18.000 millones de euros. En términos aeroportuarios, cada aterrizaje o despegue añade 11.900 euros a la masa regional, y cada dos aterrizajes o despegues sustenta más de un empleo. Las obras de ampliación han supuesto también una fuente de riqueza y empleo, al proporcionar trabajo a unas 300 empresas y más de 7.000 profesionales.

Con esta ampliación el nuevo Barajas se convierte en un aeropuerto "hub", un gran centro de enlace y actividad entre Europa y América; un gran intercambiador en el que las compañías aéreas podrán conectar sus vuelos continentales y transoceánicos. En definitiva, Madrid-Barajas se consolida como la gran puerta entre América y Europa.

La obra más emblemática

La nueva T4 es un edificio moderno cómodo y funcional, en el que los pasajeros lleva a cabo diversos procesos aeroportuarios, como la facturación y recogida de equipaje, el control de seguridad, y el embarque y desembarque del avión. Con casi 500.000 m², la nueva terminal permitirá atender a más de 35 millones de pasajeros al año, lo que sumado a la capacidad de las actuales instalaciones, representan más de 70 millones. La Terminal, con capacidad para atender hasta 10.400 pasajeros en hora punta, ofrece todos los servicios de un moderno edificio aeroportuario, con amplias zonas comerciales, 174 mostradores de

facturación –de los que 2 son para equipaje y 20 son máquinas de auto facturación–, y 39 posiciones de contacto asistidas por pasarelas para acceder directamente al avión.

Pensando en el confort del usuario, la nueva terminal, de aspecto futurista, tiene como una de sus características más sobresalientes la luz. Paredes acristaladas y más de 550 lucernarios permiten la entrada de luz natural al interior y transmiten al viajero la sensación de luminosidad y amplitud, acomodándole antes e volar en un espacio que invita al descanso y la relajación.

La luz y el color guían al pasajero en su recorrido por la terminal. Amplio cañones de la luz dirigen al viajero y separan



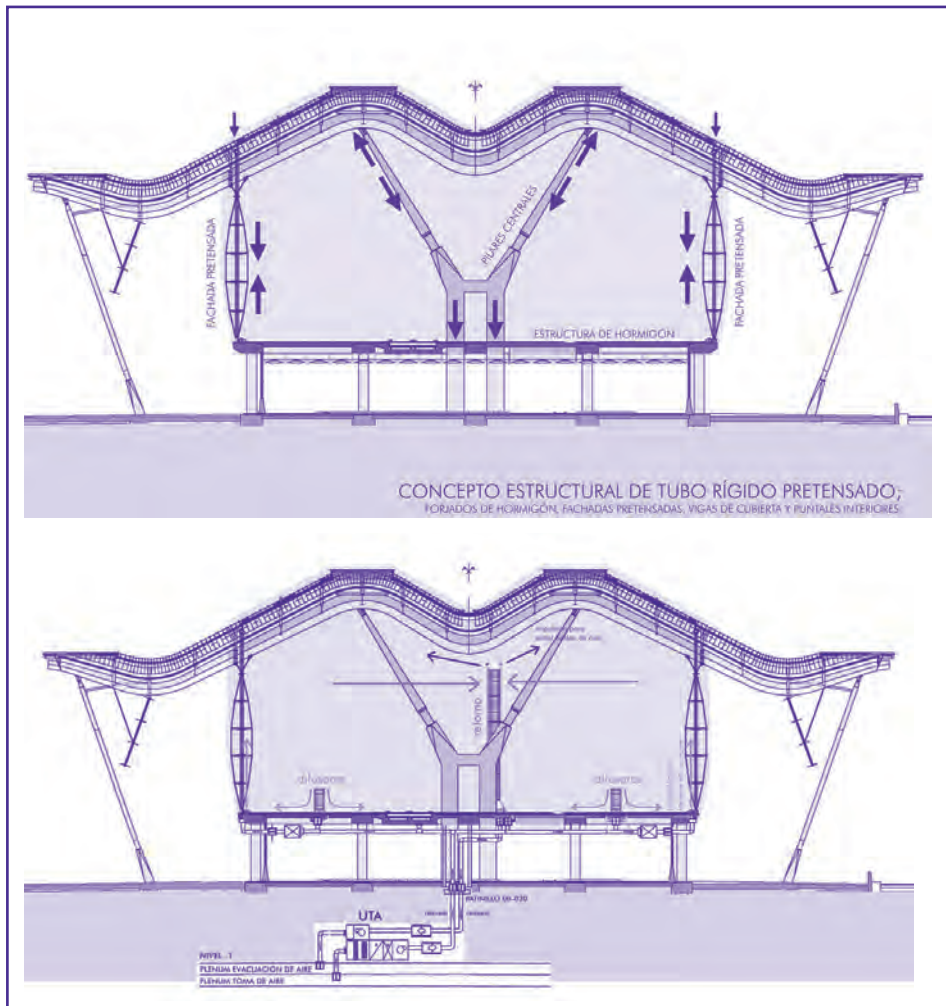
los tres bloques que conforman al edificio: el primero, donde se sitúan los mostradores de facturación; el segundo, o procesador, donde se realizan los controles de seguridad y se ubica parte de la zona comercial; y el tercero, o dique, donde se lleva a cabo el embarque y desembarque del avión. En este último bloque se ha introducido un degradado de color, del azul en el norte al rojo en el sur, con el objetivo de orientar al pasajero y permitirle al mismo tiempo identificar la zona de ubicación de las puertas de embarque mediante el color.

Nueva Área Terminal

La nueva Área Terminal está formada por un edificio terminal y un edificio satélite se similares características arquitectónicas, con los que el aeropuerto podrá responder eficazmente a la evolución del tráfico aéreo y el incremento de la demanda. Además, permitirá satisfacer las necesidades de viajeros y compañías aéreas con servicios variados y de alta calidad.

El Edificio Satélite, destinado principalmente al embarque y desembarque de pasajeros de vuelos internacionales, está situado próximo al nuevo edificio terminal, entre las cuatro pistas de vuelo, para hacer más ágiles, rápidas y eficaces las conexiones de vuelo. Con casi 300.000 m² de superficie y 250 lucernarios, este edificio, que complementa a la nueva terminal, cuenta con 26 posiciones de contacto con pasarelas que aseguran un rápido y cómodo embarque y desembarque del avión; además de disponer de modernas zonas comerciales.

El Satélite, con capacidad para atender a 15 millones de pasajeros al año, está concebido como dos bloques: uno de grandes proporciones para el embarque y desembarque de pasajeros y otro, de dimensión más pequeña, destinada al control de pasaportes. Junto con el nuevo Edificio Terminal, el Edificio Satélite forma parte de la llamada Nueva Área Terminal de Barajas, que incorpora un mo-

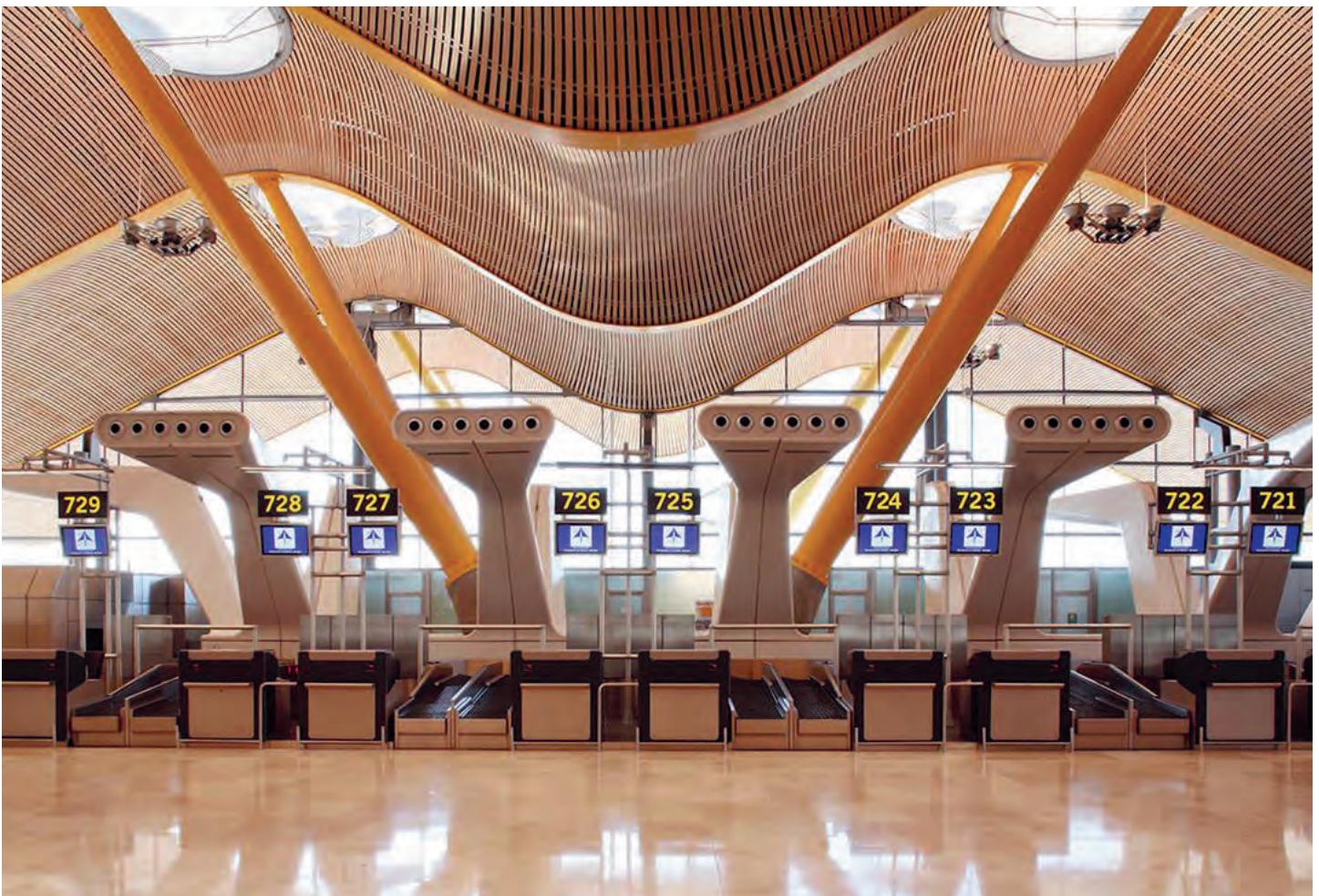




dermo sistema de transporte de pasajeros que en muy pocos minutos facilita el tránsito de pasajeros de un edificio a otro.

Un avanzado Sistema Automatizado de tratamiento de equipajes (SATE) aporta mayor seguridad, velocidad y fiabilidad al procesamiento de los equipajes en la Nueva Área Terminal. Este nuevo sistema esta formado por una línea de 91,3 kilómetros de longitud, de los que cerca de 42 kilómetros corresponden a cintas transportadoras de alta velocidad. Con cuatro clasificadores automatizados, el sistema facilita las labores de facturación, separación, clasificación e inspección de maletas y equipajes, con una capacidad de procesamiento de 16.500 equipajes a la hora.

Desde dentro del Nuevo Edificio Terminal y su Satélite, el sistema permite la facturación universal de cualquier vuelo,



el procesamiento de equipaje especiales y el almacenamiento automatizado de equipajes tempranos, de llegada y salida, y de todos los equipajes en tránsito. Esto es posible gracias a su sistema de códigos lectores, que permite controlar e identificar los equipajes con una fiabilidad del 99.9%.

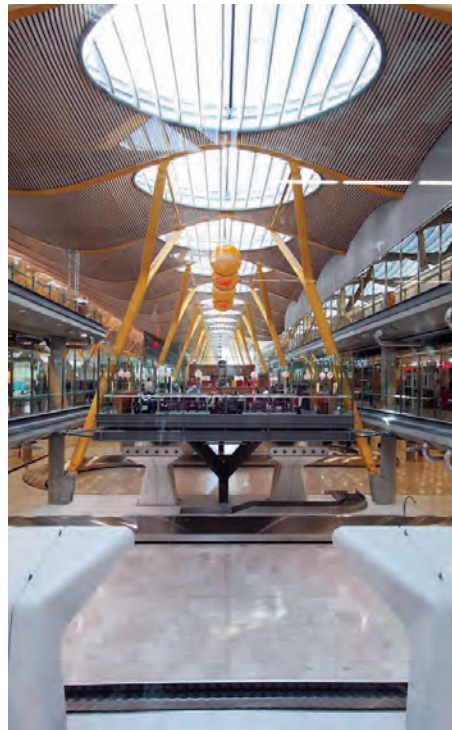
Para asegurar una fácil y rápida conexión entre el Edificio Terminal y el Edificio Satélite, los pasajeros disponen de un moderno sistema de transporte que enlaza ambas instalaciones en unos cuatro minutos. Operativo las 24 horas del día, el nuevo Sistema Automatizado de Transporte de Pasajeros Intra-Terminal/APM-INTRA), permite mover entre ambos edificios, a una velocidad máxima de 60 km/h, cerca de 13.000 personas a la hora –6.500 pasajeros por hora y sentido-. Esta capacidad puede ser ampliable hasta las 10.000 m personas por sentido y hora (20.000 viajeros).

Para lograr esta capacidad de transporte de personas y facilitar el movimiento de las mismas, la lanzadera dispone de 19 vehículos guiados sin conductor, –18 operativos y 1 de reserva-, que se desplazan en grupos de tres vehículos a través de un túnel subterráneo de servicios aeroportuarios, así como sendas estaciones de subida y bajada de pasajeros localizadas de forma estratégica en el centro del nuevo Edificio Terminal y el Edificio Satélite.

El APM-INTRA, también llamado Automatic People Mover, cubre una extensión entre estaciones de 2.100 m, y tiene una frecuencia de paso, de trenes de 2 minutos en hora punta con un periodo de estancia en la estación para el pasajero de apenas 30 segundos. El APM ha sido cofinanciado por el fondo de cohesión de la Unión Europea.

Aparcamientos y Accesos

El nuevo Edificio de Aparcamiento de Aeropuerto de Madrid-Barajas, cuenta con casi 9.000 plazas de estacionamiento; lo que duplica la oferta actual de par-



king público. El edificio está formado por seis módulos anexos, de cinco plantas cada uno, con las que alcanzan los 309.000 m² de superficie total. Concebido para facilitar el estacionamiento de vehículos dentro de la misma Área Terminal, el nuevo parking está unido al Edificio Terminal a través de diversa pasarelas y cuenta con todas las comodi-

dades necesarias para hacer más sencillo y rápido el movimiento de los usuarios. Destinado a vehículos privados y de alquiler, está equipado con modernos sistemas para la localización de los coches.

Para facilitar su integración paisajística y armonizar todo el entorno, el edificio ha sido coronado con una cubierta vegetal ecológica: la de mayor superficie continua en Europa, con cerca de 56.500 m² de azotea y en la que se han plantado unas 900.000 plantas.

A todo esto se suman las actuaciones realizadas para mejorar los accesos al aeropuerto y, más en concreto, a la Nueva Área Terminal, tanto en lo que se refiere a los accesos por carretera, como a los accesos mediante transporte público. Gracias a ellos, el nuevo Barajas ofrece al usuario las mejores condiciones de accesibilidad y rapidez. Por carretera, se accede a través del eje Norte-Sur y del enlace de la N-100 con el eje Este-Oeste, que conecta con un sistema de viales formado por siete carriles que conforman las dársenas de salidas y llegadas a la Nueva Área Terminal: tres en el nivel de llegadas y cuatro en el de salidas, con viales para taxis y vehículos privados.





En cuanto al transporte público, actualmente es posible salir y llegar a las cuatro terminales de Barajas mediante diferentes líneas de autobús urbano. El Aeropuerto pone también a disposición de los pasajeros autobuses-lanzadera gratuitos que conectan las cuatro terminales de Barajas, tanto por el lado aire como por el lado tierra y, en el futuro, el tren y el metro también llegarán al T4, donde contarán con estaciones situadas bajo las dársenas de la Terminal.

Oferta comercial y de servicio

La oferta comercial en la nueva Área Terminal se ha articulado básicamente en dos grandes centros comerciales, situados en el Edificio Principal y en el Satélite, apoyados por otra área menor instalada en los diques de ambos edificios, y en las zonas de llegadas y salidas. En total, una superficie superior a los 30.000 m². Los dos centros comerciales dispondrán de una oferta comercial segmentada y diferenciada, destinada a pasajeros con destino Nacional o Schengen en el caso del Edificio Princi-

pal, y a pasajeros con destinos extracomunitarios en el caso del Edificio Satélite. En total se ha ubicado más de cien locales comerciales o de servicio que cubren la más amplia oferta comercial y de ocio: desde restauración a todo tipo de tiendas, minimarket, prensa, ópticas, jugueterías o alquiler de vehículos. En la restauración se ha buscado asegurar la

oferta de calidad, precio y servicio desde diferentes conceptos para ajustarse a los distintos perfiles de pasajeros. Así, en los 35 locales disponibles, será posible encontrar desde cafeterías de gama media/alta, hasta restaurantes de lujo, sin prescindir de la atención al concepto de comida rápida, bien mediante restaurantes o locales de comida rápida.

El Aeropuerto, además, ha puesto a disposición de sus clientes otros servicios para hacer que su estancia sea más cómoda y agradable:

- Centro de negocios, con espacios de trabajos o de relax para pasajeros en viaje de negocios.
- Servicio de información: más de un centenar de chaquetas verdes ofrecen ayuda y atención en los puntos de información repartidos por las terminales.
- Guardería: un espacio gratuito que facilita lo necesario para atender a los más pequeños.
- Servicios religiosos: capillas católicas e interconfesionales.
- Intervención de armas: para la realización de trámites para el transporte de armas.





- Banca y cambio de moneda: permite al viajero todo tipo de operaciones bancarias.

La Nueva Área Terminal contará también con servicios adicionales como teléfono, Internet, área Wi-Fi o cajeros automáticos. También dispondrá de farmacia, administración de lotería, agencias de viaje, reserva de hoteles, oficina de información turística, etc.

Respeto al Medio Ambiente

El respeto al medio ambiente ha sido una de las prioridades de la ampliación del Aeropuerto. En este sentido, se ha llevado a cabo un estudio de impacto ambiental cuyo resultado ha sido el desarrollo de un Plan de Actuaciones Medioambientales que destaca por su compromiso de inserción medioambiental, social y urbanística en el territorio; y que aplica diversas medidas de eliminación o atenuación de los efectos sobre el entorno.

Aena y el Aeropuerto de Madrid-Barajas, en la búsqueda de soluciones que

concilien la capacidad de operación del Aeropuerto con el bienestar de los habitantes de su entorno, y en cumplimiento de las disposiciones de la DIA de 2001; inició un proceso que dio lugar a la puesta en marcha de nuevas actuaciones de carácter medioambiental, o a la ampliación de las medidas correctivas ya existentes. Entre estas destacan las siguientes actuaciones:

- **Afección Acústica:** Estudio de protección acústica, seguimiento y control del ruido a través del SIRMA (sistema de seguimiento y medición del impacto acústico que provocan los aviones). Plan de Aislamiento Acústico de viviendas, desarrollo de nuevas trayectorias de salida y aproximación al Aeropuerto, y prevención acústica mediante restricciones horarias, operativas, de uso de rutas y de procedimientos en tierra y áreas de operación.
- **Calidad del Aire:** Estudios de protección de la calidad del aire y de olores, prevención y reducción de emisiones contaminantes, modificación de los

procedimientos de operación, sustitución de vehículos diesel por otros menos contaminantes, ampliación de la red de vigilancia y control, y limitación de la actividad en determinadas zonas.

- **Calidad del Suelo y los Cauces:** Restitución de la cubierta vegetal, gestión de residuos y control y recuperación de cauces y humedales.
- **Calidad de las Aguas:** Red separadora de aguas procedentes de plataformas y pistas, control de aguas residuales, pluviales, subterráneas y superficiales; y análisis periódicos para controlar, detectar y corregir situaciones no acordes con los niveles de calidad exigidos.
- **Fauna:** Medidas preventivas y de protección de la fauna, reposición de lugares de refugio y nidificación, y vigilancia de la fauna y su incidencia en la seguridad aeronáutica.

En mayo de 2000 AENOR certificó la adecuación del sistema de gestión medioambiental del Aeropuerto de Madrid-Barajas a la norma internacional



ISO 14001. El Plan Barajas obtuvo dicha certificación en diciembre de 2001 para todas sus instalaciones y obras, manteniéndola en la actualidad.

La selección del proyecto

Para la redacción del proyecto de la Nueva Área Terminal se convocó un concurso internacional promovido por Aena. En octubre de 1997 se eligió la propuesta presentada por el equipo formado por cuatro empresas: el estudio de arquitectura español Estudio Lamela y el británico Richard Rogers Partnership, la ingeniería española Initec y la británica TPS. El proyecto ganador destacaba por su sencillez, su adaptabilidad, su robustez y su flexibilidad, admitiendo con naturalidad los cambios y futuras ampliaciones.

Con sus 1.200.000 m² de superficie, la Nueva Área Terminal de Barajas está considerada como la mayor obra que se ha edificado recientemente en Europa, con todo lo que implica en cuanto a trascendencia urbanística, económica y social para la región de Madrid y para España. El resultado final es el de un diseño funcional y estéticamente atractivo, cuyo su principal valor es el equilibrio logrado entre estos dos aspectos.

La Nueva Área Terminal sitúa al pasajero en su entorno, lo ubica, tiene referencias con el exterior. El proyecto busca humanizar el espacio interior, ya que, siendo un edificio de dimensiones gigantescas, se permite al viajero orientarse en todo momento, con constantes referencias visuales. El edificio es tan grande que uno podría perderse, es por esto por lo que el volumen total se despieza en varios cuerpos, creando secuencias espaciales para dotar al edificio de una escala humana. En el exterior, la actuación se adapta al entorno, a la horizontalidad del paisaje madrileño, con unas formas onduladas muy próximas a la naturaleza.

El diseño seleccionado por Aena se caracteriza por cuatro principios básicos:

Integración en el paisaje

Los edificios terminales de aeropuertos se encuentran normalmente rodeados de elementos secundarios (aparcamiento de vehículos, central eléctrica, etc) que no contribuyen a la clara orientación del pasajero. En la propuesta de este diseño se integran dichas estructuras teniendo en cuenta la topografía del lugar, dando al NAT (Nueva Área Terminal) una imagen que potencia el paisaje, expresando su carácter local y homogéneo. Los cañones –grandes patios lineales de luz– establecen una secuencia en la que se integra linealmente el paisaje incorporándose al espacio interior.

Luz natural

Cada módulo funcional se separa transversalmente mediante un cañón (espacio vacío cubierto con lucernarios) y sirve de paso preparatorio entre las fases del proceso a realizar por el pasajero, facilitando su orientación. Además, el

cañón permite la entrada de luz natural en el interior reduciendo significativamente la dependencia de la luz artificial y mejorando sumamente la calidad del espacio.

Claridad espacial

El movimiento de los pasajeros recorre todas las actividades desde el momento de la recepción de los viajeros en la dársena, pasando por la facturación y el control de seguridad hasta llegar al embarque. El recorrido inverso (llegadas) también está claramente diferenciado; desembarque, recogida de equipajes, dársenas. Se da la circunstancia de que los flujos de pasajeros de llegada y de salida discurren por diferentes niveles. La forma de los edificios facilita el proceso de actividades dividiéndose en una secuencia de bloques funcionales.

Flexibilidad

Se propone una configuración adaptable a todo el conjunto de la actuación, manteniendo una fuerte identidad arquitectónica durante todas las fases de evolución del proyecto y ante posibles ampliaciones futuras de los edificios. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	AENA, Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
Proyecto:	UT NAT Barajas: Estudio Lamela, Richard Rogers, Initec, TPS
Empresa constructora:	Acciona Infraestructuras, S.A. Dragados, S.,A. FCC Construcción, S.A. Ferrovial Agroman, S.A. Obrascon, Huarte, Lain, S.A. Sacyr, S.A.
Presupuesto:	Edificio Terminal: 872.411.702,25 Euros Edificio Satélite: 472.632.471,89 Euros Aparcamientos y Accesos: 176.622.480,87 Euros
Fecha de acabado:	2005

CARACTERÍSTICAS

Obra:

Conjunto de Edificios integrado por el Nuevo Área Terminal en el Aeropuerto Madrid/Barajas:

- Edificio Terminal
- Edificio Satélite
- Aparcamiento y accesos.



El desarrollo del proyecto de Ampliación del Puerto de Ferrol ha ayudado a conservar y mejorar el patrimonio histórico-cultural de la Ría y por último como el desarrollo de las obras ha permitido liberar espacios portuarios actualmente situados en la cercanía de la ciudad alejando ciertas actividades de núcleos poblados y favoreciendo la ejecución de actuaciones de recuperación de fachada marítima enmarcadas en una política proactiva de desarrollo puerto-ciudad.

Las nuevas obras de Ampliación del Puerto de Ferrol se han construido con la vocación clara de configurarse como una infraestructura de referencia en el transporte marítimo entre los continentes americano y europeo, ayudada por la cercanía que en términos de accesibilidad marítima representa la Ría de Ferrol respecto a dichos continentes y los lazos culturales que unen a los países de ambos lados del océano y que, sin duda, se prestan a enriquecer las relaciones comerciales entre ambas partes.

De manera sintética cabe destacar:

- Se han promovido estudios específicos sobre bienes patrimoniales en la zona de influencia del proyecto, realizando un inventario que completa-se los catálogos disponibles tanto por la Consellería de Cultura de la Xunta de Galicia como del Ayuntamiento de Ferrol. Se han encontrado en la zona cercana al proyecto tanto elementos de la edad del bronce, como de época romana pero de especial importancia han resultado las baterías defensivas que flanqueaban ambas márgenes de la ría (elementos singulares de la arquitectura militar de la época de la ilustración) y los barcos hundidos en la ensenada





(algunos de ellos como el buque *Ragazona* de cierta importancia histórica al haber pertenecido a la Armada Invencible).

- Se han realizado tres excavaciones arqueológicas de otras tantas fortalezas defensivas del siglo XVIII (Baterías de Canelas, Prioriño y Punta Viñas), sacando a la luz los restos desaparecidos y documentando los procesos constructivos, materiales empleados y forma de vida de sus ocupantes.
- Como elemento más destacado cabe señalar que se ha procedido a la reubicación y puesta en valor de un Bien de Interés Cultural (Batería de Punta Viñas) en una zona cercana al puerto.
- Se ha realizado intervenciones arqueológicas submarinas al objeto de recuperar elementos perdidos de pecios y hundimientos en la ría, realizando además un inventario completo de aquellos barcos de los que se tenía conocimiento de su existencia.
- Se ha promovido el desarrollo de un proyecto paralelo bajo el epígrafe de "Reordenación y Mejora Ambien-

tal del Entorno de Cabo Prioriño Chico" en el que se ha procedido a recuperar un elemento singular del patrimonio histórico-marítimo como es el Faro de Prioriño, se construye en sus cercanías un centro de interpretación donde ubicar un espacio de exposición de las intervenciones arqueológicas desarrolladas y se habilitan sendas peatonales y zonas de esparcimiento.

Desde el punto de vista funcional las nuevas obras suponen un salto cualitativo en las infraestructuras portuarias disponibles en el arco noratlántico de la península ibérica. A la importancia técnica de su gran dique, hay que añadir la excepcionalidad de sus 1.515 metros lineales de muelles de cajones a calados de 20 metros y las 90 Ha de espacios para manipulación y depósito de mercancías, hoy en día no disponibles en ningún puerto del ámbito geográfico mencionado y que permiten atender en dichas instalaciones a los mayores buques de la flota mundial. Además, las obras permitirán que en el Puerto de Ferrol pasen de moverse 5 millones de Toneladas (año 2006) a 25 millones de Toneladas

(previsión año 2020) y atender tráficos que en la actualidad no pueden ser cubiertos por razón de insuficiencia de calados.

Descripción de las obras

Las Obras se desarrollan en la denominada "Ensenada de Caneliñas", estando al resguardo de los oleajes más energéticos del arco noratlántico peninsular (NW) por el Cabo Prioriño Chico, que introduce un factor de abrigo natural, que impone que los oleajes de cálculo para el dimensionamiento del dique sean del W y ciertamente moderados ($Hs_{90} = 7,6$ metros para $T = 281$ años) para esta área geográfica.

En la elección del emplazamiento se han tenido en cuenta fundamentalmente y a parte del determinante factor de abrigo arriba comentado, la disponibilidad de calados naturales, la calidad de la cantera que permitía abastecerse de los elementos necesarios para la ejecución de las obras, la distancia prudente a núcleos habitados que mejoraría las condiciones de explotación futura y la compatibilidad con el planeamiento urbanístico y disponibilidad de terrenos a bajo coste.

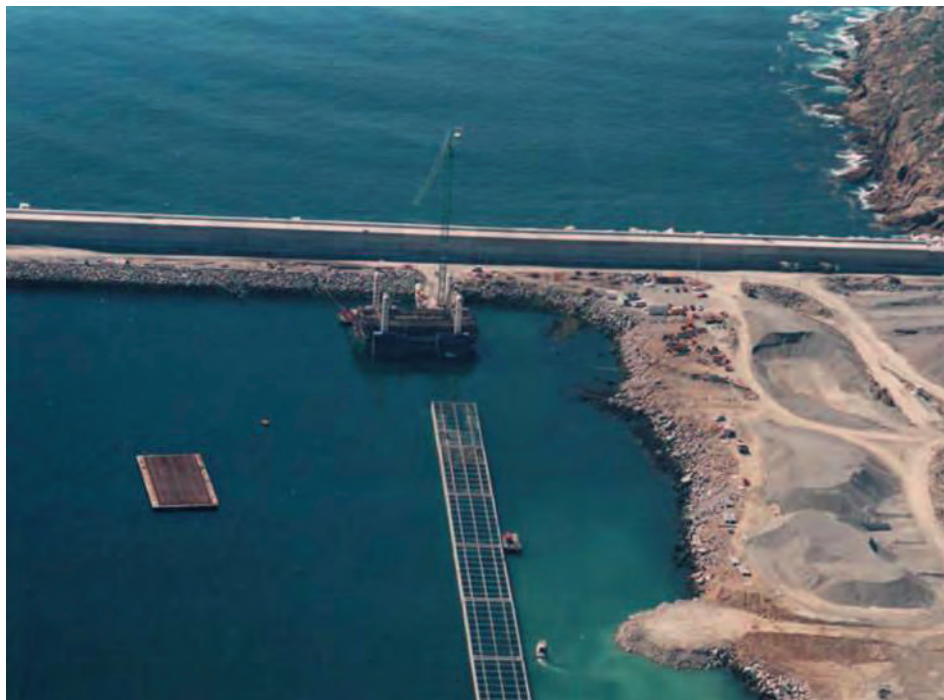
Estas obras consisten en:

- Un dique de abrigo de sección en talud y pendiente 1,75H/1V de aproximadamente 1.040 m de longitud conformado con un manto principal de bloques de hormigón de 90 Tn apoyados sobre banquetas de 25 Tn y manto secundario de escollera natural de 6 Tn, cimentados todos ellos directamente sobre terreno natural sin necesidad de dragados previos. El morro del dique es de sección igualmente en talud y bloques de 90 Tn pero con pendiente 2H/1V, alcanzando profundidades de 32 m.
- Ejecución de un martillo de 172 m en sentido perpendicular al dique y arrancando en su tramo final compuesto por dos cajones de hormigón



armado fondeados a la cota -15'00 m y de manga 15'65 m puntal 20'00 m y esloras de 40'95 y 66'85 m respectivamente. Dichos cajones se encuentran en el lado mar protegidos con bloques de guarda de 25 Tn en capa monobloque. El martillo se completa a base de una superestructura compuesta por un espaldón rematado a la cota +10,00 y una losa de hormigón coronada a la +6'60. El espaldón presenta cotas crecientes hasta la cota +18,00 para resolver el entronque con el espaldón del dique y morro.

- Un muelle de costa de 1.515 m, de los cuales en primera fase se han ejecutado los primeros 857'80 m arrancando desde el dique en sentido perpendicular en su Pk 385, con dirección NE. Este muelle de costa está conformado a base de cajones de hormigón cimentados a la cota -22'00 m y fondeados a la cota -20'00 metros. La manga de los cajones resulta de 15,65 m, puntal de 24'00 m y esloras de 40'95 m (10 unidades) y 66'85 m (6 unidades) y sirve además como cierre y contención de la explanada y rellenos, conformando una superficie útil de explotación final de 90 Ha. Las celdas interiores resultan cuadrangulares de 4'40 m en sus dos filas centrales y rectangulares de 2'55 x 4'40 m en sus extremos lado mar y lado tierra. El cajón se fondea sobre la banquetta de escollera de 100 a 300 Kg de tamaño de peso equivalente, previo vertido y enrase de la superficie de la banquetta con grava.
- En el entronque muelle-dique se diseñan unas piezas especiales a base de 304 bloques de hormigón con forma de doble T invertida y dimensiones de 1'20 m y 2'00 m en sus alas y 0'60 m en el alma y canto de 2'00 m, que actuando a modo de encofrado perdido se adaptan a la geometría del talud en su lado protegido conformado a base de escollera ca-



reada de 5 Tn y talud 3H/2V, dejando en su interior un relleno de 1.732'80 m³ de hormigón sumergido coronado con relleno general.

- Dragados hasta la cota -22'00 m desde el pk 205 m del muelle de ribera para le ejecución de las zanjas de cimentación de los cajones de muelle en una anchura de 21,65 m.
- Excavaciones y rellenos necesarios para la ejecución de la obra de los cuales 628.407 m³ corresponden a terreno suelo y 9.234.720 m³ corresponden a excavación en roca. Los frentes de cantera se ejecutan con bancos de alturas de 10 y 20 m en función de los perfiles y bermas de 5'30 y 0'70 m (ésta última por necesi-



dades constructivas). Los frentes de desmonte superan los 100 m en sus puntos más elevados. El macizo rocoso está constituido por una granodiorita de grano grueso y ha presentado dos fallas y dos subfamilias de diaclasado en todo su frente que ha hecho necesario ejecutar tratamientos generalizados de sostenimiento. Como elemento de seguridad y estabilidad, pero también por imperativo de la Declaración de Impacto Ambiental se ha abordado un proyecto de revegetación del talud mediante la adaptación en las bermas de tierra vegetal previamente sembrada con especies autóctonas.

- Superestructura de dique a base de un espaldón de hormigón en masa que arrancando de la cota +7'23 m acaba en un pequeño botaolas de 1,00 x 1,80 m a la cota +18,00. El espaldón que presenta un cuerpo central de 8'20 m de altura y 6'00 m de anchura dispone de una visera en su lado puerto compuesto de un voladizo de hormigón armado de 2'00 m y ancho variable arrancando en 0'40 m en su extremo hasta 1'10 metros en su sección de entronque con el



cuerpo central. Presenta una cimentación mediante tación de 4'00 m de ancho y 2'00 m de alto que arranca de un cuerpo de 9'40 m y 0'80 m de canto, con una superficie de 67'87 m²/ml de espaldón hasta configurar un total de 74.703 m³ de hormigón en masa. Esta superestructura se completa con una losa de 80 cm. de espesor a lo largo de todo el desarrollo longitudinal del dique.

- Superestructura de muelle con la ejecución de una viga cantil que partiendo de la cota +4'00 m. corona a la cota 6'60 m con una anchura de 2'00 m y vigas intermedias de 1,50 m de ancho y 2'75 m. de canto para el apoyo de patas traseras de grúas intermedias a distancias de 9'066 m y vigas traseras a 22'00 m (grúas pórticos para descargas de graneles sólidos) y 30'00 m (grúas postpanamax para terminal de contenedores). Estas dos últimas vigas traseras, tienen forma de T invertida, siendo la cabeza de dimensiones de 1,50 de ancho por 1,95 de alto y la base de 3,50 x 0,70 m. conformando por tanto un canto total de 2'65 m La superestructura de muelle se completa con la pavimentación de los primeros metros de uso público mediante HP40

de 32 cm de espesor sobre 25 cm de zahorra artificial y ejecutado con geometría de losas 5 x 5 m Se instalan asimismo bolardos de 150 Tn de tiro y se prevé a instalación de 30 defensas con doble amortiguador de caucho SC2000 de dimensiones de escudo 5.500 mm x 2.900 mm.

- Redes de drenaje a base de dos cunetas: una en cabeza y otra en pie de talud que recogen las aguas de la cuenca vertiente a las instalaciones portuarias y las conducen a dos puntos de descarga en los extremos Este y Oeste de la obra y una red de colectores sobre las que drenan las superficies portuarias para descargar en un punto de vertido a base de tres tubos de 1.800 mm en la zona central del muelle de primera fase.

Fruto de todos los estudios y superados durante el año 2000 los trámites de información pública y oficial (artículo 15 del RD 1302/1986) la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental emitió en el mes de Diciembre de 2000 la Resolución de Declaración de Impacto Ambiental (BOE 298 de 13/12/2000), determinando que el proyecto era viable desde el punto de vista ambiental lo que permitió a la Autoridad

Portuaria comenzar con la preparación de la documentación de licitación y adjudicación del contrato de obras que fue preparado en el primer semestre de 2001.

Proyecto de Intervención Arqueológica

La entrada de la Ría estaba rodeada de una serie de fortificaciones, elementos singulares de arquitectura militar, cuyos mayores exponentes son los Castillos de San Felipe y La Palma, pero en el que también se encontraban, directamente en la zona de obras, dos baterías costeras conocidas como Punta Viñas y Canelas. La primera de ellas (Punta Viñas) tenía además la máxima figura de protección al contar con un registro individualizado de Bien de Interés Cultural. La segunda de ellas únicamente estaba documentada ya que no se conservaba en superficie ninguno de sus elementos y tuvo que ser excavada en fase de comienzo de obras.

La más importante de las dos (Batería de Viñas) data, en su primeras obras, de 1739 con reformas posteriores en los años 1747, 1755 y 1762. Su estado de conservación era muy desigual en sus diversos elementos constitutivos, destacando como especialmente singulares sus muros perimetrales (percibiéndose todo el parapeto con sus troneras y merlones con los que se pudo reconstruir los ángulos que permitían el juego artillero) polvorín y el horno de bala roja (este último en estado ruinoso) en el que se calentaban los proyectiles previamente a su disparo.

Para poder continuar las obras fue necesario incoar un expediente de traslado de la batería desde su enclave actual hasta una parcela próxima a las obras (BOE 28/02/02). En Sesión del Consejo de Ministros celebrada el 26 de julio de 2002 se autorizó el traslado, y las labores de desmontaje se realizaron durante el periodo septiembre-octubre de 2002 incluyendo una excavación arqueológica que ha servido para documentar las partes ocultas de la



fortificación y recuperar elementos de la misma.

Dentro de las medidas que se imponían en el traslado era la obligación por parte de la Autoridad Portuaria de acometer un proyecto integral de recuperación del entorno de Cabo Prioriño (lugar donde se autorizaba el traslado del B.I.C) que llevó al diseño de un edificio de nueva planta que a modo de Centro de Interpretación se convirtiese en un museo-exposición de los trabajos de recuperación arqueológica llevados a cabo durante todo el proceso obra, la restauración del faro del propio Cabo, la excavación de una nueva batería costera en sus inmediaciones y la habilitación de los caminos y sendas peatonales que conectasen todo el conjunto y éste con el resto de baterías situadas en el margen norte de la Ría de Ferrol.

De igual modo la presencia en zona de explanada de un naufragio datado a finales del siglo XVIII y de una zona de hallazgos submarinos obligó a desarrollar unas campañas de intervenciones arqueológicas submarinas con el objetivo de documentar los pecios y retirar los restos. Cabe destacar que dicha prospección subacuática ha sido la primera con carácter profesional realizada en la Comunidad Autónoma de Galicia y que los restos obtenidos y recuperados fueron depositados en el Museo Naval de la Ciudad.

Estudios de Calidad de Aguas

La riqueza marisquera de la Ría, unida a la cercana presencia de una granja de cría y engorde de rodaballo obligaba a prestar especial atención a los aspectos relacionados con la calidad de aguas, parámetro que podía verse afectado tanto por las acciones de proyecto (vertidos y dragados) como por la propia presencia de la infraestructuras en el caso de que se produjese una eventual modificación del régimen de corrientes de la Ría con repercusiones



en las tasas de renovación de aguas por la introducción de un dique de abrigo que estrechaba la canal de entrada a la misma. A petición de diferentes Organismos, se evaluó el posible impacto de

las obras en el fenómeno conocido como afloramiento (up-welling) lo que podría traer como consecuencia la aportación de una menor cantidad de nutrientes en la Ría. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Autoridad Portuaria de Ferrol-San Cibrao. Ente Público Puertos del Estado. Ministerio de Fomento
Proyecto:	Redacción: INTECSA - INARSA -César López Sánchez. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Dirección Obra:	Autoridad Portuaria Ferrol - S. Cibrao -Ignacio de la Peña Zarzuelo. Ing. Caminos, Canales y Puertos
Control de Ejecución:	APPLUS -David López Vila - Ing. Caminos, Canales y Puertos
Empresa Constructora:	Puerto Exterior Ferrol UTE - (Necso, Dragados y Drace) -Alberto Martínez Pardo. Gerente UTE. Ing. Caminos, Canales y P. -José Enrique Pérez Noguer y Juan Miguel Pérez Rodríguez Jefes de Obra. Ing. Caminos, Canales y Puertos
Presupuesto:	116.773.003,13 Euros
Fecha de acabado:	Junio 2005

CARACTERÍSTICAS

Obra:	
Longitudes:	<ul style="list-style-type: none"> • Dique de abrigo: 1.067 m • Muelle de ribera: 1.515 m
Calados:	<ul style="list-style-type: none"> • Atraque de muelle de ribera: 20 m • Atraque martillo: 16 m



En Octubre de 2005 se finalizó la construcción del Centro de Convenciones como el edificio más grande de acero en Puerto Rico. Con impresionantes techos que se extienden 106 m en ambas direcciones, esta obra de ingeniería y diseño arquitectónico, única en

la Isla, es la pieza clave del nuevo Distrito de Comercio Mundial de las Américas. Este Distrito, el desarrollo frente al mar más grande de los Estados Unidos y sus territorios, representa la unión del Gobierno y la empresa privada en una inversión total de 1.300 millones de dólares

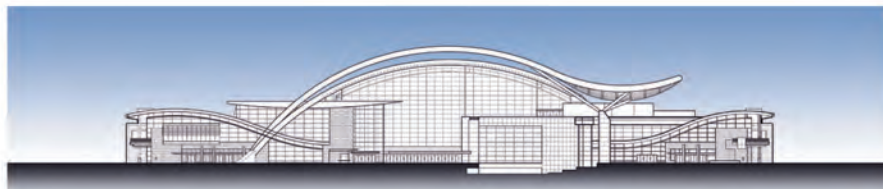
que incluirá hoteles, comercios, residencias y áreas recreativas.

El Centro de Convenciones de Puerto Rico es el más grande del Caribe en su clase y el más avanzado tecnológicamente hablando en toda Latinoamérica. Sus espacios están pensados para satisfacer las necesidades de los turistas, las personas de negocios y el público en general. De esta forma Puerto Rico, que recibe cerca de cinco millones de turistas anualmente, se presenta como una alternativa de clase mundial para congresos, ferias, entretenimiento y espectáculos. El Centro se ha convertido rápidamente en un concurrido centro de negocios y de vida social que, a su vez, representa en su diseño los elementos más importantes de la cultura puertorriqueña. En sus 53.882 m² de espacio, se resaltan las texturas del bosque tropical, los colores de las playas y los detalles del cercano casco histórico.

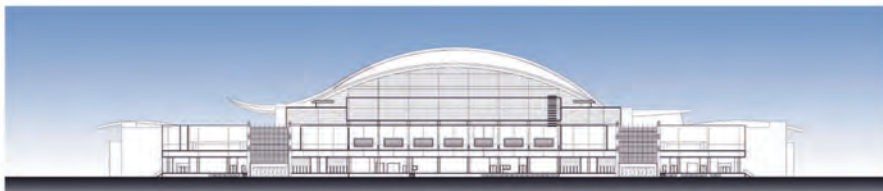
En suma, el Centro de Convenciones se enorgullece ser una pieza clave que fomenta la industria del turismo y el desarrollo económico de la Isla, pero sobre todo por la creación de lugares de encuentros que auspician vida cultural y social de calidad. Más aún, es un logro que une los aspectos más importantes de la historia y la cultura puertorriqueña con los aspectos más avanzados de la tecnología y la estética.

Génesis del proyecto

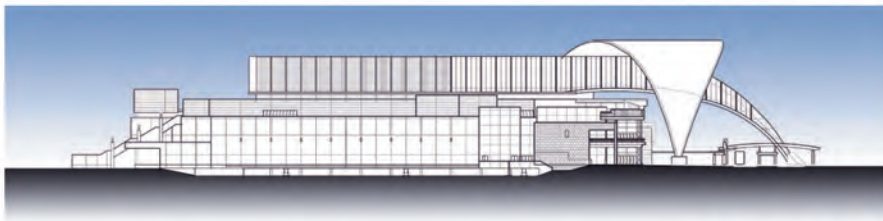
Los colores y las texturas que caracterizan las playas, el bosque tropical, el cielo caribeño y la luz de la luna, fueron los elementos claves para combinar bajo un mismo techo estética con perfección técnica negocios con entretenimiento y naturaleza endógena con la tecnología más avanzada.



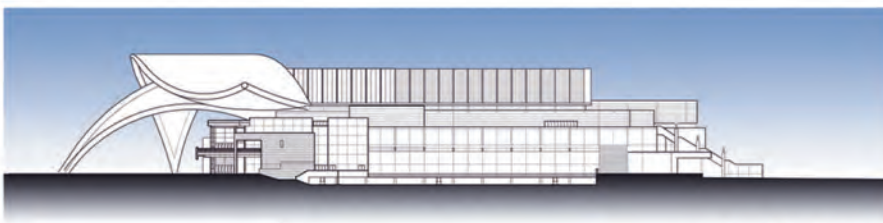
North Elevation



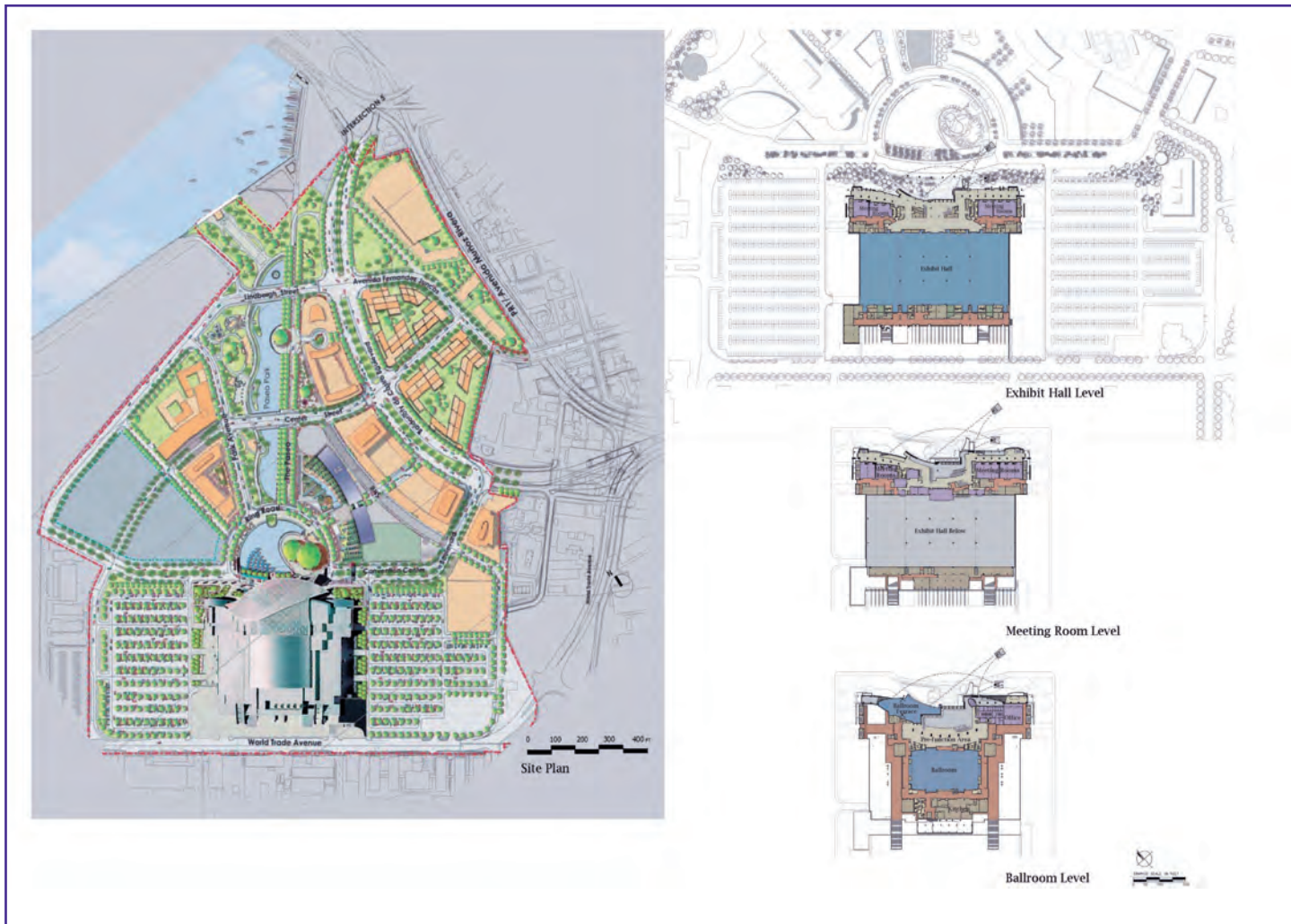
South Elevation



East Elevation



West Elevation



En primer lugar, es el Mar Caribe la fuente de inspiración para la fachada principal. Coronada con una gigantesca ola transparente, la plaza de entrada cuenta con pisos color arena que, una vez en el interior del vestíbulo, destacan patrones dinámicos que representan los tonos de la arena húmeda, acariciada por las olas. A medida que se avanza en el recorrido, las alfombras, especialmente diseñadas para este proyecto, reflejan los tonos turquesas del mar y los exuberantes verdes y marrones predominantes en la flora puertorriqueña.

Es en el dramático espacio interior del Gran Salón donde se destaca un techo en forma de ola que enmarca panorámicas vistas del distrito y la Bahía de San Juan. Por su parte, el candelabro, el más grande del mundo, con sus láminas



de acrílico representa el brillo de la luna. Enfatizando el protagonismo de la luz, se presenta la alfombra como el reflejo en el agua de ésta.

Resaltando la importancia cultural de la arquitectura colonial de la Isla, construida por los españoles en los siglos XVI y XVII, el Centro de Convenciones incorpora lo moderno en lo tradicional. Como si se paseara por el casco histórico del Viejo San Juan, las paredes son un contraste de estucados, piedras y ricas maderas. Asimismo, las puertas, los vitrales y los trabajos en hierro son una reinterpretación moderna de los encontrados en el mencionado casco histórico.

El Centro de Convenciones explora al máximo nuestras características más sobresalientes, y el plan maestro del Distrito hace lo propio. La presencia del agua aporta, conceptualmente, un vínculo especial con el pasado y futuro marítimo de la Isla y resalta la importancia de los cuerpos de agua en la ciudad de San Juan. Físicamente, la presencia del agua en las distintas plazas se utiliza en impresionantes fuentes que crean un espacio público agradable y dinámico.

Estrechamente ligado al tema del agua, están el de los puentes. Conceptualmente el tema es importante porque, a lo largo de su historia, Puerto Rico se ha caracterizado por ser el puente cultura y económico hacia Las Américas. En el caso del Centro de Convenciones, éste es la nueva imagen, el puente, que refleja el pasado y aspira al futuro de progreso en la Isla.

Diseño Arquitectónico

En el diseño espacial del edificio, al igual que en el diseño urbano, son importantes las consideraciones históricas y temáticas mencionadas. Sin embargo, en esta parte del desarrollo, conceptos de tecnología pasiva como la condición del sol, la iluminación natural y las brisas son fundamentales para auspiciar espacios amenos y funcionales.



La entrada principal enfatiza el impacto visual con su escala, pero también aprovecha al máximo las características de isla tropical. Utilizando esto a favor del diseño y con el estudio de la trayectoria del sol, se enfatiza la gran ola transparente y el vestíbulo principal a través de los grandes ventanales que transforman la experiencia espacial con

cambiantes sombras y proyecciones. Por su parte, la iluminación artificial engalana el edificio y le regala a la ciudad un espectáculo único.

Si bien la condición de isla tropical brinda el beneficio de excelente luz natural, también trae consigo consideraciones climáticas como los huracanes. Por esta razón las estructuras y los mate-







riales seleccionados, además de estética, su funcionalidad provee seguridad ante huracanes categoría 5 y cargas sísmicas de zona 3.

En general, el área total del desarrollo, incluyendo estacionamientos y áreas exteriores, suman unos 94.927 m². De éstos, 53.882 m constituyen el área total del Centro de Convenciones. Buscando flexibilidad programática y espacial, los 14.772 m² del área para exhibiciones se dividen en tres salones. Con una altura máxima de 9,1 m y una retícula estructural para el techo de 54.86 m/54.86 m, estos espacios tienen una capacidad de 16.965 personas en presentaciones; 16.075 en recepciones y 12.710 personas en banquetes.

Por otra parte, el área total para reuniones, en la que se pueden obtener



hasta un total de 28 salones, suma 3.922 m². La capacidad es de hasta 500 personas en presentaciones y la altura máxima es de 5,5 m. El Gran Salón puede acomodar 4.388 personas en presentaciones; 4.158 en recepciones y 3.290 personas en banquetes en sus 3.670 m² de espacio total. Este salón libre de columnas tiene una impresionante altura máxima de 13,7 m y está adyacente a una terraza exterior que, con sus 1.189 m², sirve de mirador hacia las impresionantes vistas de la Bahía de San Juan y el casco histórico del Viejo San Juan.

Estos espacios principales están acompañados de espacios de apoyo que se caracterizan por su funcionalidad y buena organización. El área de servicio y apoyo asciende a 18.223 m²; el área para carga y descarga provee

114 m lineales y el área para la preparación de alimentos suma 2.464 m². El área total de circulación es de 11.665 m²; las áreas exteriores constituyen 15.068 m² y, hasta el momento, la capacidad del estacionamiento es de 1.800 espacios.

En su construcción el Centro de Convenciones logró incorporar la mano de obra local con materiales de todas partes del mundo. Vale la pena destacar entre los ejemplos más notables: el acero de Corea del Sur; el granito de China; las alfombras de Irlanda y el revestimiento de las paredes de México. No menos importante es el hecho que los agregados, los prefabricados y el hormigón son locales.

Diseño Urbano

Las funciones, los espacios y las consideraciones urbanas de este diseño están estrechamente relacionadas a la noción de vida urbana y las actividades socio-culturales de calidad. Además de ofrecer una buena transición e incorporación de estos nuevos espacios a la trama urbana existente, la intención es crear espacios densos, activos y energéticos.

Es precisamente en la plaza del Centro de Convenciones donde se destaca un espacio favorable al peatón y predominantemente tropical. Enfatizado con la gigantesca ola que corona la entrada al Centro y dos árboles Ficus ancestrales que fueron conservados durante la construcción, el arreglo paisajista resalta los colores y las texturas de la flora isleña. Este 'bosque tropical urbano' introduce al visitante en una zona donde todos los conceptos de puentes o transiciones, agua, texturas, colores y siluetas se unen para crear un gran sentido de lugar e identidad. La plaza es el nexo entre los conceptos más tradicionales de la arquitectura con los más contemporáneos y progresivos; es el simbolismo y la celebración de la cultura puertorriqueña.



Además de las consideraciones espaciales para la integración de estos nuevos espacios a la trama urbana, el diseño del distrito considera las implicaciones inherentes a su privilegiada localización. Ésta provee fácil acceso desde

los más importantes núcleos de actividad metropolitana: el casco histórico del Viejo San Juan; el distrito bancario de Hato Rey; los destinos turísticos de Isla Grande y el Condado y el Aeropuerto Internacional Luís Muñoz Marín. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Autoridad del Distrito de Convenciones, Estado libre Asociado de Puerto Rico
Proyecto:	Jiménez + Rodríguez Barceló, AIA, PSC. Thompson Ventulett Stainback & Associates (TVS) International
Empresa constructora:	Varias
Presupuesto:	188 Millones de Dólares
Fecha de acabado:	Octubre 2005

CARACTERÍSTICAS

Obra:

Centro de convenciones de acero, de impresionantes techos que se extiende 106m en ambas direcciones.

- Superficie: 53.882 m²
- Capacidad: 16.965 personas en representaciones
16.075 personas en recepciones
12.710 personas en banquetes
- Estacionamiento: 1800 espacios



Las obras realizadas para Vinos de los herederos del Marqués de Riscal, se componen de dos edificios conocidos como "principal" y "ampliación". Los edificios se sitúan en el interior de las instalaciones de la bodega, estando el principal sobre un botellero.

Edificio Principal

Consta de 5 plantas distribuidas de la siguiente forma:

- Planta de acceso (denominada 2ª): donde tiene lugar la llegada de vehículos y se encuentra el vestíbulo del hotel y la cafetería.
- Planta de habitaciones (3ª): alberga 14 habitaciones.
- Planta de restaurante (4ª): con un restaurante destinado a uso de las personas alojadas en el hotel y otro de carácter público. Se encuentran también en esta planta la cocina y cuartos de servicio y almacenaje.
- Entreplanta de servicio: donde se localizan dependencia de servicio y los aseos y vestuarios del personal.
- Planta (5ª): En un principio iba a ser utilizada como sala de juntas. Al final se ha habilitado como un salón social de uso para los residentes del hotel.

El edificio se sustenta sobre tres núcleos de hormigón que sirven para alojar los tres ascensores y las escaleras de accesos. Estos tres núcleos parten de la bodega y emergen a la cota de acceso al hotel o vestíbulo. Sobre estos tres núcleos de hormigón, se apoya una losa de hormigón armado y postesado, de canto variable entre 1,30 m en el apoyo de núcleos y 0,45 m en los vuelos. Sobre esta losa, que conforma el nivel de la

planta tercera donde se encuentran las habitaciones, nacen un conjunto de pilares metálicos sobre los que se apoyan el resto de plantas.

El resto de forjado de plantas cuarta, entreplanta, quinta y cubierta, se componen de vigas planas y losas macizas de espesor constante, formando pórticos en dos direcciones. Los contornos exteriores de estas losas se cierran con vigas perimetrales que recogen las cargas de la fachada y los apoyos de los canopies (cubriciones metálicas exteriores).

Los canopies, junto a los mullions o ventanales, son unos de los elementos más característicos de este proyecto. Ambos están realizados con estructuras metálicas para ser posteriormente recubiertos. Estos elementos se apoyan principalmente en los cantos de los forjados de la losa tercera y resto de losas, mediante unas chapas o platabandas de

espera y en los pilares metálicos del contorno exterior.

La estructura de soporte del revestimiento metálico exterior o canopies, realizada con perfiles de acero laminado, consta a su vez de varios niveles:

- Pilares y tirantes realizados con perfiles de directriz recta que transmiten las cargas al techo del botellero y a la estructura principal del edificio.
- Costillas principales, formadas por perfiles tipo HEB curvos pero contenidos en un plano.
- Correas formadas por perfiles tipo T de directriz recta en su mayoría.

En el exterior, principalmente, se han utilizado tres materiales para los recubrimientos. Por un lado las chapas de titanio y acero inoxidable, por otro la piedra y por último la madera.





La madera es de elondo en secciones mínimas de 4 cm. Recubre los mullions y también los paneles tipo sándwich (en acero inoxidable por las dos caras y aislados en el interior para formar un cerramiento) que enlazan los perfiles tubulares de los mullions con el resto de estructuras o fachadas de bloques de hormigón. También existen unos "cajones" de madera de elondo de menor sección que recorren horizontalmente y perimetralmente, la planta de habitaciones por el exterior.

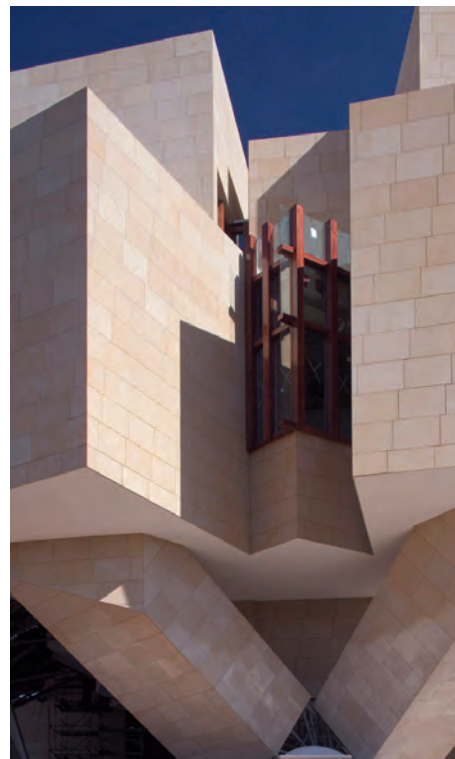
La piedra del exterior es arenisca imitando las tonalidades del entorno del hotel. Se ha colocado formando una fachada ventilada sobre un cerramiento de bloques de hormigón.

El tercer material son dos realmente: el titanio colorado en rojo u oro, y por otro lado el acero pulido espejo. Se han utilizado para recubrir los canopies y también los fins o aletas. Los fins son unos elementos verticales que aparecen la planta tercera, dividiendo y enmarcando la visión de las habitaciones. Están también compuestos por una estructura metálica, en este caso tubular, y terminados en titanio o acero inoxidable pulido espejo.

También en el exterior existen pequeñas superficies de monocapa raseada sobre una malla de nervometal sujeta a estructuras metálicas de acero galvanizado.

La ejecución de este monocapa era de una gran dificultad al encontrarse entre las estructuras metálicas de los canopies y, en muchos casos, no cabía ni la mano con la llana y había que utilizar una pequeña paleta para poder aplicar el mortero.

Los recubrimientos interiores son principalmente de madera de arce en los empanelados de habitaciones, suelos y



puertas; granito maritaca en las paredes de baños, piedra arenisca en la zona de vestíbulo combinada con planchas de cobre, y madera de elondo en los mullions o ventanas.

En la planta de restaurante, debido a su altura y a que se encuentra sobre la planta de habitaciones, se utilizó también un material aislante acústico sobre el cartón yeso, aplicado sobre una malla metálica sujeta a la placa exterior de la pared y maestras de PVC para minimizar los efectos de la reverberación del sonido y atenuar su transmisión. En los suelos de las terrazas se han empleado la misma piedra de las fachadas colocadas sobre plots formando una cubierta invertida.

En el mobiliario destacan los cabezales de las habitaciones por su curvatura. Están realizados mediante una estructura en madera en forma de costillas que sirven como esqueleto a un tablero de DM que se va adhiriendo al mismo hasta conseguir la curvatura deseada, terminando la superficie en arce o piel según el diseño original de Gehry. También destacan los elementos de iluminación de la zona de vestíbulo y restaurante, conocidos como "flaneras" diseñados por Gehry. Por último quedan las lámparas de pasillos y que, como las anteriores, se encuentran fabricadas con acero inoxidable pulido espejo.

En la planta tercera existe una pasarela o puente realizado en estructura metálica y recubierto con un canopi además de un muro cortina, que conecta el edificio principal con la ampliación del hotel.

Edificio Ampliación

El edificio de la ampliación tiene por objeto el incrementar el número de habitaciones del Hotel en 29 más (43 en total), y la creación de una zona Spa con un gimnasio y una piscina. Se ubica al sur del edificio principal y se comunica con éste mediante la pasarela peatonal. Las superficies construidas son 2.000 m² apro-

ximadamente en cada una de las dos plantas. La estructura es de hormigón y se apoya en una cimentación directa sobre la roca. La cubiertas presentan dos tipologías: plana invertida y transitable con tela d PVC y losa filtrón; y cubierta inclinada acabada con teja cerámica similar a la de las edificaciones del entorno que nos rodea. Las fachadas son de fábrica de bloque raseadas con mortero hidrófugo y pintadas en un color similar al de los edificios del entorno; las carpinterías exteriores don de madera de elondo macizas.

Con los acabados interiores distinguiremos dos zonas: la planta de habitaciones y la planta Spa. Las habitaciones en esté edificio se caracterizan con relación al edificio principal por su mayor amplitud y tamaño. Los solados de las habitaciones son de tarima Cumaru sobre rastrel de madera mientras que en el principal era tarima flotante acabada en arce. El mobiliario es diseño Gehry. El Spa por el contrario, ha sido ejecutado siguiendo el proyecto y las directrices de la firma francesa Collet-Burger.

Procesos constructivos

Uno de los mayores condicionante de este edificio, además de su complejidad y geometría, es el estar situado sobre un botellero donde se almacena gran parte de la producción de vino de Marqués de Riscal. Por ello y antes de iniciar ningún trabajo, se tuvo que, además de asegurar económicamente su contenido, estudiar la forma de ejecución de los trabajos del edificio principal de tal forma que no arriesgaran en ningún momento las condiciones de temperatura y humedad exigidas por el cliente.

En su origen, estas condiciones venían aseguradas por la impermeabilización y capa de tierras, de más de un metro de espesor, que cubrían el botellero. Se estudiaron distintas alternativas aislantes que permitiesen el apoyo de una cimbra (imprescindible para el montaje tanto de la estructura



como para el armado y hormigonado de la losa de la planta tercer), y también que sirviera para asegurar la ejecución de una nueva impermeabilización sobre el botellero así como conservar la inercia térmica del mismo.

Las condicionantes anteriormente descritos estaban agravados con una limitación de sobrecargas sobre la losa del techo del botellero que impedía la utilización de cualquier maquinaria sobre el mismo que tuviese un peso de mas de 2.000 kg por eje. Por ellos se buscaba una solución que aligerase el mismo.

Entre las alternativas se barajó la posibilidad de utilizar poliuretano en un espesor que por un lado soportase las cargas de las placas de reparto de la cimbra y por otro equivaliese al metro de espesor de tierras. Cuando ya se estaba a punto de dar por buena esta solución se planteó por parte de la ingeniería que demostrásemos también que cumplía aparte del aislamiento térmico, la misma inercia térmica. El concepto de inercia térmica es fácilmente explicable cuando pensamos en una casa con muros de piedra. Podemos igualar el aislamiento térmico de los muros con un material con mucho menos espesor. Pero la "velocidad" con el que ese calor se desprende o introduce a través del cerramiento es muy distinta.

En el caso de un botellero es tan importante el aislamiento como la inercia. Y

la solución propuesta con distintos aislamientos como el poliuretano no lo cumplía. Por ello se optó por levantar pequeñas parcelas de no más de 200 m², impermeabilizarlas, probarlas, y acabarlas, antes de hincar otra. En los momentos en los que se abría una de estas parcelas, por las noches se cubrían con planchas de poliestireno extrusionado para evitar que perdiese calor por esa zona.

Otro gran condicionante de esta obra es la información. Los planos son detalles o secciones constructivas de una obra que se encuentra proyectada en forma de maqueta digital dentro de un ordenador. La verdadera información se encuentra recogida en Catia, programa en 3D que se utiliza habitualmente en la ingeniería industrial y especialmente en la aeronáutica. El proyecto realmente es un fichero (múltiples) que representa en el espacio lo que se tiene que construir.

Partimos de una visión "alámbrica" de la estructura y del conjunto del edificio. El primer paso es desarrollar todos y cada uno de los elementos que vamos a construir. Desde la estructura hasta los cerramientos del hotel. Al final del proceso, tendremos una maqueta digital dentro del ordenador de lo que realmente tenemos que ejecutar. De esta forma podemos ver en la pantalla lo que en planos sería casi imposible reflejar. Con la información que Catia nos aporta y con los planos que generamos a partir de los distintos cortes, secciones, "pantallazas", etc., conseguimos construir y posicionar en el espacio cada una de las partes del hotel. Posteriormente, se obtienen los plano 2D en cad que son los que realmente podemos fabricar y construir.

Fachadas de bloques de hormigón

Además de los recubrimientos de titanio y acero inoxidable, existen también muros de bloques de hormigón para recibir los cerramientos exteriores de piedra. Las características especiales de estos cerramientos son que se han cal-





culado para soportar presiones de aire superiores a las producidas por vientos de más de 200 km/h. Para conseguir esto, se han utilizado bloques de hormigón hidrófugo de pared de 4 cm de espesor. Para soportar las tensiones van armados con una armadura tipo Murfor que es la que diferencia este cerramiento de otro de bloques.

Fachadas titanio y acero inoxidable pulido espejo

Sin lugar a dudas son las fachadas más complejas de la obra tanto por su geometría como por los materiales. Los canopies son como toldos que adornan el edificio. Existen canopies que solo tienen una función estética en los cuales se puede ver la estructura metálica que los forman y el titanio (o acero inoxidable) que los recubre, quedando vistos por ambas caras. También existen otros canopies que conforman la fachada del edificio. Estos últimos van también impermeabilizados para evitar el paso del agua y están terminados por el interior con un recubrimiento de cartón yeso

que impide la visión tanto de la estructura que lo soporta como del titanio (o acero inoxidable) por su lado interior.

El primer problema que se plantea son las formas. Las curvas con las que se han creado en la maqueta virtual las superficies, no son curvas generadas geométricamente. Son curvas realizadas por el ordenador como una sucesión de puntos. Nuestro primer paso es convertirlas a curvas definidas por radio y que se aproximen lo máximo posible a la super-

ficie del Catia. Una vez conseguida toda la estructura principal el siguiente problema es colocar la estructura soporte del acero o titanio.

Otro problema que se presenta son los pares galvánicos. La ingeniería encargada de la dirección facultativa de esta obra, lleva desde hace más de cuatro años, ensayando distintas chapas de titanio para saber su comportamiento frente a los pares galvánicos. Existen unas maquetas en la propia zona de la obra, que un laboratorio chequea habitualmente para saber el comportamiento a lo largo del tiempo de cada uno de los componentes.

Así mismo, conocemos la existencia de pares galvánicos entre: el acero galvanizado de los tubos y el acero inoxidable de los remaches y el titanio. Por lo tanto debíamos evitar el contacto de estos materiales. Se solucionó utilizando cinta adhesiva similar a la Norton que ocupa todo el ancho de la pletina (unos 4 cm).

El mayor problema eran los remaches. En un primer momento se intentó buscar remaches de titanio para evitar de esta forma un par galvánico. Los inconvenientes son su coste y que tienen resistencias mecánicas muy bajas. El problema se resolvió por medio de fundas que resistían el calor de las chapas, no se estropeaban al arrugarse el remache en el momento de la colocación y eran estables con el paso del tiempo. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Vinos de los Herederos de Marqués de Riscal, S.A.
Proyecto:	Gehry Partners e Ido, Arquitectura, Ingeniería y Consultoría
Empresa constructora:	Ferrovial Agroman
Presupuesto:	
Fecha de acabado:	Octubre 2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:	
Superficies construidas:	4.011 m ²
Superficie de titanio e inox:	3.400 m ² de las que:
	<ul style="list-style-type: none"> • 1.000 m² son de titanio color oro • 700 m² son de titanio color rosa • 1.700 m² son de acero inoxidable



La EMT y el Excmo. Ayuntamiento de Madrid, conscientes de la importante labor social del transporte público colectivo de los ciudadanos y del respeto al medio ambiente promovieron la construcción de un nuevo Complejo, que comprende Depósito de Autobuses, Talleres y Almacenes, y se han cumplido entre otros los siguientes objetivos:

- Sustitución y Renovación del actual depósito de autobuses de Buenavista, con capacidad para 400 autobuses, 30 de ellos articulados, construido a mediados del anterior siglo, situado en plena zona urbana que se caracteriza por edificación en manzana cerrada con viales de ancho reducido. Con ello se consigue despejar de humos, ruidos y conflictos circulatorios la mencionada zona y aportar un espacio de casi 40.000 m² para residencial y parque urbano.
- Mejorar las comunicaciones: La nueva ubicación para el Depósito de Autobuses se realiza en una zona de uso dotacional, no residencial. Es una parcela con salida a dos calles y a dos avenidas, facilitando las entradas y salidas para no afectar a los residentes o al tráfico.
- Sustitución de servicios generales: Traslado de los actuales talleres generales y almacén general, ubicados en el actual Complejo EMT-Fuencarral, con el objetivo de conseguir su modernización y respuesta a las necesidades actuales, y asimismo iniciar el traslado de dependencias del citado complejo, anticipándonos en lo posible a la liberalización de terrenos del Plan Urbanístico Chamartín.



- Tratamientos de las aguas: Se ha instalado la reutilización del agua usada en el lavado automático de los autobuses, y cuatro tratamientos de las aguas en donde se producen, así como un tratamiento final para las aguas industriales. Con una red independiente para las aguas sanitarias, nos adelantamos a la puesta en vigor de CTE (Código Técnico de la Edificación) en el tratamiento separado de las aguas.
- Instalaciones visitables y centralizadas para mejor mantenimiento: se puede tener un seguimiento directo de las posibles incidencias o averías y su reparación sin tener que realizar zanjas o grandes obras para la localización y reparación. También son visitables las fosas que contienen los depósitos de gasoil, con múltiples medidas de seguridad para evitar las incidencias y no afectar

al subsuelo con vertidos accidentales.

- Aprovechamiento de la Energía Solar: Se han realizado instalaciones de Energía Térmica para ACS (Agua Caliente Sanitaria) a utilizar en las duchas, y de placas Fotovoltaicas, con su instalación, para la obtención de 110 kWp de Energía Eléctrica que se entrega a la red.
- Automatización de sistemas: se han instalado diversos sistemas de detección aplicados según las necesidades de cada espacio; también se ha realizado un control domótico integral de las instalaciones que permite su control a distancia por el personal autorizado.

Mediante el nuevo plan de actuaciones previsto por la Empresa Municipal de Transportes de Madrid, S.A. (EMT), para la modernización y amplia-



ción de sus cocheras, se ha pretendido conseguir en la construcción del nuevo Complejo de Carabanchel, primero de una serie de cuatro, los siguientes objetivos:

- Reducción del impacto sobre el entorno urbano.
- Instalaciones modernas y funcionales.
- Mejorar las conexiones con los grandes ejes de circulación, de forma que se reduzcan los desplazamientos innecesarios.
- Anticipación en lo posible a la liberación de terrenos del Plan Urbanístico de Chamartín.

La elección de la ubicación de las nuevas cocheras se sitúa en el sur de

Madrid, junto a la carretera nacional A-42 (Carretera de Toledo), la Avenida de los Poblados y el Cementerio Sur de Madrid, dentro del P.A.U. de Carabanchel, en la parcela numerada como 7.11, calificada urbanísticamente dentro de la categoría de Logística del Transporte, uso dotacional.

Descripción del complejo

El Proyecto de Construcción que se ha redactado y ejecutado supone un cambio funcional importante con relación al Proyecto Básico realizado en el año 2002. Este cambio ha consistido fundamentalmente, en ampliar el edificio de taller inicialmente previsto, para poder albergar el Almacén General, el Taller de Conjuntos (talleres donde se

reparan todos los elementos mecánicos de importancia de la totalidad de la flota), la I.T.V., aulas de Formación y Simuladores de conducción, que hasta este momento se encontraban ubicadas en la cochera de Fuencarral, consiguiendo de esta forma crear un complejo que reúne en una única parcela los diferentes usos de depósito de autobuses, talleres, almacén, oficinas, vestuarios y demás actividades que hasta la fecha se han venido realizando de forma dispersa por varios puntos de la ciudad.

Plataformas de estacionamiento y rodadura

- Se establecen dos plataformas de estacionamiento y rodadura de los autobuses, con una capacidad má-



xima de 440 autobuses, de los cuales 27 son autobuses articulados de 18 metros.

- Estas dos plataformas se encuentran a diferente nivel, para aprovechar el desnivel existente entre los viales que se encuentran al norte y sur de la parcela, estando la plataforma superior a la cota de 607,7 m y la inferior a la cota de 601,7 m.
- En cada una de las plataformas se establece un acceso a los viales del P.A.U. de forma que el acceso de la plataforma superior sea el principal acceso de autobuses al depósito y el de la plataforma inferior se considera un acceso secundario.
- Las dos plataformas se comunican mediante rampas de sentido único situadas en los laterales este y oeste de la parcela.
- Sobre estas plataformas se disponen los espigones de aparcamiento de los autobuses, que se han dotado de isletas de forma que los conductores abandonen el vehículo

por las aceras o pasos de cebra pintados en la calzada.

- Se ha dotado a estas superficies de aparcamiento de autobuses de un sistema contra incendios que cubre la eventualidad de fuego en los espigones de estacionamiento e incluso incidencias en el resto de edificios e instalaciones del complejo.

- Se ha diseñado una iluminación de estas plataformas que cumple los requisitos de visibilidad requeridos para los trabajos nocturnos a efectuar, y para garantizar la seguridad en la circulación de vehículos y personas por las mismas.

Edificio de instalaciones y control

En este edificio, situado junto a la entrada principal, se han ubicado aquella parte de las instalaciones que conecta con las redes de las compañías suministradoras: Iberdrola, Canal de Isabel II y compañías telefónicas. También se han emplazado en el mismo las instalaciones de alto vacío para la limpieza en seco de los autobuses y algunos cuartos de almacenamiento de materiales y productos diversos.

Edificio de talleres y almacén

Este edificio ocupa el centro de la parcela y se le ha dotado de comunicación con los viales a dos niveles, el inferior se abre al norte y comunica con la plataforma inferior, mientras que el superior se comunica al norte, este y oeste con los viales para uso de vehículos y al sur para uso peatonal. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	EMT - Empresa Municipal de Transportes de Madrid, S.A.
Proyecto:	Inocsa Ingeniería, S.L. -Jorge Alabart Ferrer. Autor del Proyecto -Miguel Arranz. Jefe Unidad -Guillermo Soler Céspedes. Dirección de la Obra -Pedro Hernández de las Heras. Dtor. Ejecución Obra
Empresa constructora:	Dragados, S.A.
Presupuesto:	33.760.448,37 Euros
Fecha de acabado:	Junio 2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:

Sustitución y renovación del actual depósito de autobuses de Buenavista, con capacidad para 400 autobuses, aportando además un espacio de 40.000 m² para zona residencial y parque urbano.



Las obras consisten en la realización de un edificio para albergar el nuevo Acuartelamiento de la Policía Local en Ávila. El Proyecto estudia la implantación del nuevo edificio en el recinto del Mercado de Ganados, situado en los alrededores del Arrabal del Puente Adaja.

El recinto está ocupado por las instalaciones del mercado de ganados y en él se levantan cuatro edificaciones, de las cuales una de ellas, la llamada edificación principal y que da acceso a dicho recinto se rehabilita y pasa a formar parte del Acuartelamiento. La edificación de nueva planta que surge de la anterior se distribuye en tres pabellones, formando un conjunto abierto y armónico con el terreno. La recuperación y puesta en funcionamiento del edificio existente que se recupera y de los proyectados; junto con el amueblamiento e





instalación de los servicios necesarios en todos ellos, es el objeto principal de este Proyecto.

El edificio debe atender funciones diversas. Por un lado, cumplir las propias del servicio de Policía Local y, por otro, desarrollar funciones de formación y reciclaje del personal destinado en dicho servicio. Dentro del primer grupo cabe destacar que todas estas funciones precisan un gran número de espacios diversos destinados a usos distintos. Entre éstos cabe subrayar, los aparcamientos para vehículos y maquinaria motorizada; almacenes centrales de diversos materiales; un pequeño taller para la reparación de vehículos; zona de instalaciones; zona deportiva y de vestuarios del personal con dependencias para el de servicio; zona destinada a administración con diversos despachos para gabinete de mando y unidades; salas tanto de control de tráfico como de operaciones

y transmisiones; gabinete fotográfico y científico junto a uno de alcoholemia y sonometría; un archivo policial y una zona destinada a cafetería y zona de estar del personal; aulas de formación y reuniones junto con una biblioteca. Se integra en el edificio una zona destinada a Escuela de Formación de la Policía, con diversas aulas y despachos.

El conjunto está ubicado en la periferia de la ciudad de Ávila, lindante a una de las arterias de comunicación principales de la ciudad, que comunica mediante una vía rápida la zona norte con la sur, este y oeste. A los pies de la zona murada su comunicación con ésta es inmediata. Por su lindero este se encuentra situado junto a una zona residencial, por el norte con terreno municipal, por el oeste con terrenos destinados al Palacio de Congresos y Exposiciones de la ciudad orientado hacia los horizontes abiertos de la Sierra de Gredos, y situa-

do a los pies de la zona murada por su límite sur.

El edificio se asienta en ejes girados entre sí sobre los que se van asentando las construcciones que parten del edificio que se rehabilita; son perpendiculares a la pendiente del terreno en cada tramo sobre el que se van asentando. De esta manera los volúmenes quedan próximos al elemento de comunicación, cumpliendo la misión de ser las articulaciones visuales del conjunto desde las líneas principales de observación que se van acomodando al terreno.

El desnivel del terreno es utilizado para sectorializar otras funciones que cohabitan con el uso principal del Acuartelamiento. En el sentido perpendicular a la fachada principal se diferencian tres usos: el vestíbulo-patio central que articula el de oficinas-administrativo; el de formación del centro y el de la escuela de la Policía. El pabellón principal que se

rehabilita albergará la función principal de atención al público, descanso del personal y una zona destinada a laboratorios.

La zona de intervención tiene una superficie aproximada de 6.427,75 m² de forma trapezoidal, con la fachada principal a calle sin nombre y a la referida avenida de Madrid. Los linderos son: Norte con zona libre de uso público (LUP); Sur con la mencionada avenida de Madrid; Este con calle de acceso a las dependencias y edificación residencial y Oeste con el Palacio de Congresos y Exposiciones. La topografía muestra una pendiente ascendente en sentido oeste-este de la cota 1.076,80 m a la 1.082,50 m en el extremo sur-este del recinto. Se sitúa en el borde Norte del casco urbano, formando una zona residencial e industrial desarrollada según el Plan General de Ordenación Urbana de Ávila, aprobado en el año 1986.

Memoria constructiva

La urbanización, se concreta en la zona exterior a la realización del acerao perimetral de la parcela mediante la colocación de bordillo de granito recto de 20 x 15 cm, labrados vistos; colocación de baldosa de granito de 60 cm de línea suelta, con las correspondientes bocas de riego. Los accesos con rebaje mediante paso con curvilla de granito definido según mediciones y planos.

La urbanización del patio interior se dividirá en tres partes fundamentalmente.

a) Plataforma superior de zona de garajes. Se pavimentará mediante encintado formando cuadros irregulares con baldosa de granito de 60 cm de ancho, parra rellenar los cuadros resultantes con adoquín de granito de 15 x 15 cm, colocados sobre cama de mortero y lámina impermeabilizante; todo ello según planos de proyecto.



b) Zonas perimetrales de los pabellones y edificaciones. Se pavimentará dos metros de ancho paralelo a los cerramientos en baldosa de granito con separadores metálicos en los que se sembrará simiente de césped para favorecer su crecimiento entre las juntas. El acceso rodado que circunda la parcela se formalizará mediante adoquín con separadores para permitir el crecimiento del césped, y con resistencia suficiente para permitir el paso rodado de vehículos.

c) En el resto de la parcela se ataludará en líneas de nivel, modificando

éstas de manera que el terreno no tape las ventanas de la parte más baja de las edificaciones y que disminuyan progresivamente en sentido sur-norte hasta el acceso rodado y peatonal.

Se proyecta la reforma y rehabilitación del edificio de acceso denominado principal dentro del Recinto del Mercado de Ganados desarrollado en plantas baja y planta semisótano, en su parte posterior se anexionará y construirá el edificio de nueva planta distribuido en tres pabellones según planos de plantas. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Excmo. Ayuntamiento de Ávila
Proyecto:	-José Ignacio García Mata. Arquitecto Municipal
Empresa constructora:	Voladuras Controladas, S.A. - Voncolsa
Presupuesto:	3.605.901,14 euros
Fecha de acabado:	Abril 2006

CARACTERÍSTICAS

Obra:

Edificio para albergar el nuevo acuartelamiento de la Policía local de Ávila.

- Superficie parcela: 6.427,75 m²
- Edificios: 1.502,71 m²
- Jardines y edificaciones existentes: 3.704,70 m²
- Superficie construida: 4.287,26 m²



La recuperación medioambiental de la Antigua cantera del Monte San Pedro y su integración en la ciudad supone un ejemplo de recuperación de un área abandonada tras la finalización de sus usos anteriores. Con esta actuación se establece una conexión entre dos áreas de esparcimiento de la ciudad, como lo son el Paseo Marítimo que se desarrolla a su pie y el parque del Monte de San Pedro en la cumbre del monte.

Mediante las obras se ha conseguido que un elemento degradado por su uso y abandono, se integre en un gran área de ocio en la que el ascensor panorámico se convierte en un foco principal además de cumplir su finalidad básica de servicio público como infraestructura de conexión de la prolongación del Paseo marítimo de A Coruña con la cima del Monte de San Pedro, su restaurante, el mirador y las diferentes áreas de ocio ubicadas en la misma.

El Monte de San Pedro es una elevación natural del terreno enfrentada con la elevación que acoge el símbolo de la ciudad, la Torre de Hércules. Ambas formaciones delimitan la entrada a la ensenada del Orzán donde encontramos las playas de Riázor y Orzán. Estas obras se enmarcan por tanto en un paraje de gran belleza natural.

Las características geográficas y geológicas de este monte han determinado sus usos a lo largo del siglo XX. Desde el punto de vista geográfico la elevación es un enclave estratégico ya que desde su cima se avista la costa coruñesa desde el Cabo Prior al este (a 25 km) hasta las Islas Sisargas al oeste junto a Malpica (35 km). Esta situación privilegiada dio pie al establecimiento de una batería de artillería compuesta por dos cañones de largo alcance. Con el paso del tiempo estas instalaciones quedaron obsoletas circunstancia que motivó la venta de los terrenos del



ejército al Ayuntamiento con la intención de este último de dotar a la ciudad de un espacio cultural-recreativo.

Geológicamente el Monte San Pedro se sitúa dentro de las intrusiones de leucogranito posterior a las primeras intrusiones graníticas en forma de granodiorita precoz de la primera fase de plegamiento hercínico. Estas intrusiones son previas a las granodioritas tardías que dominan la superficie de la ciudad salvo estas formaciones de leucogranitos, que conforman los bastiones costeros de la ciudad frente al mar. Así de este a oeste a través de la costa se suceden las siguientes elevaciones en esta formación: Monticaño (244 m), Monte dos Castelos (171 m) O Picoto 163, Monte de San Pedro (139), Torre de Hércules (104) y la Punta de Adormideras.

Las características de este granito y la cercanía a la ciudad determinaron la apertura de la cantera en la ladera Noreste del monte. Este granito junto con la maestría del antiguo oficio de cantería hizo posible la confección de losas para la pavimentación de las calles de A Coruña. Así la calle Real y otras calles emblemáticas

de la ciudad han lucido como pavimento el granito extraído de este talud.

La extracción poco planificada al ritmo de las necesidades, junto con la excavación de voladuras poco controladas y sin operaciones de contorno (precorte, recorte), determinó un talud errático con un perfil aparentemente regular donde tras la vegetación se escondían numerosas repisas con bloques de grandes dimensiones sueltos e inestables amen de multitud de fragmentos menores depositados entre ellos. Estas repisas son el producto de la ejecución de pequeños bancos de voladura ejecutados según la demanda de piedra.

Objetivo de la actuación

La situación anterior dio paso a la definición de las actuaciones que conjugaran los siguientes objetivos:

- Garantizar la seguridad de los usuarios del paseo marítimo.
- Respetar en lo posible la fisonomía del talud evitando actuaciones agresivas que hicieran olvidar el origen del talud.

- Conectar dos áreas de esparcimiento y ocio como son el Paseo Marítimo y el Parque del Monte San Pedro.

Para dar cumplimiento a estos objetivos se estableció la actuación concreta en dos fases:

- Estabilización y protección del talud del Monte de San Pedro.
- Elevador panorámico al Monte de San Pedro.

Estabilización y protección del talud del Monte de San Pedro

En el talud se presentaban dos zonas diferenciadas:

En una margen había que ejecutar la zona superior de recepción y el foso del ascensor y el resto la actuación se ceñía a las medidas de estabilización y protección de desprendimientos respetando la fisonomía del talud.

Excavación de la zona del ascensor

En las márgenes de la excavación de la rampa para la instalación del elevador, se encontraban macizos de roca fuertemente fracturada por la afección de las voladuras realizadas en la cantera. Como primer paso se realizó la excavación del foso del ascensor al objeto de



que el producto de voladura de la cabeza se recogiese en su mayor parte en el foso evitando la afección al paseo o incluso su caída al mar.

Para la definición de los taludes en la parte superior se realizó un precorte de los mismos con desigual resultado, por ello tras la excavación, las labores fundamentales consistieron en el sostenimiento de bloques y cuñas mediante bulonado.

Estabilización y protección de taludes

En el resto del talud se huyó de soluciones agresivas que escondieran la apa-

riencia primitiva del talud de la cantera. Así se evitó el uso de mallas, bulones y barreras de protección dinámicas, recurriendo a un sistema artesanal de movilización y desprendimiento de bloques mediante cuñas y gatos hidráulicos y limpieza del talud.

Como medida de protección adicional se dispusieron al pie del talud pantallas de protección estáticas con elementos adaptados a la urbanización del Paseo Marítimo, cuya ubicación se dispuso de acuerdo a las experiencias previas y las adquiridas durante la ejecución sobre las caídas de bloques y piedras menores.



Ascensor panorámico

La segunda fase de la actuación consistió en establecer un nexo de unión entre las dos zonas de esparcimiento revalorizando estas y su entorno, salvando los 63 metros de desnivel entre ambas plataformas al borde del mar apoyándose para ello en el talud de la cantera en un desarrollo de 100 m.

El ascensor resuelve las necesidades de acceso al parque de San Pedro de todas las personas que llegan a la base del monte, ya sea en tranvía, autobús, coche o cualquier otro medio, al mismo tiempo que desarrolla y aprovecha el potencial



panorámico y el singular atractivo de la zona, recuperando y minimizando el impacto ambiental de la antigua cantera. Con ello y con su diseño se ha conseguido que el ascensor se convierta en un elemento singular y de referencia en la ciudad.

El elevador se ha diseñado teniendo en consideración que debe convertirse en uno más de los elementos singulares que caracterizan a la ciudad. Se trata de un Elevador panorámico de geometría esférica, con superficie totalmente acristalada. La geometría esférica permite una visión óptima del privilegiado panorama que se puede contemplar desde el monte de San Pedro, abarcando gran parte de la ensenada del Orzán. El interior de la esfera está pensado para acomodar a un grupo de 25 viajeros, que, en general, realizarán el trayecto de pie.

El sistema consta de una cabina y su soporte más dos contrapesos que discurren a lo largo del recorrido a ambos lados del camino de rodadura unidos mediante cables a la cabina y su soporte. El ascenso hasta la cumbre se consigue mediante el deslizamiento del elevador sobre un camino de rodadura fijado a la propia montaña. El movimiento de elevación y descen-

so se realiza por tracción directa, mediante cuatro ruedas dentadas accionadas por sendos motores hidráulicos que engranan en dos cremalleras dispuestas a lo largo de todo el recorrido, paralelamente a los carriles.

Tal como se ha descrito, el aparato consiste en una cabina esférica sostenida por un chasis provisto de ruedas y motores que se desplaza arriba y abajo por unos carriles paralelos fijados a una estructura

de cimentación, de hormigón armado, fijada a la ladera del monte.

La cabina está contrapesada por dos contrapesos que se desplazan paralelamente entre sí y con la cabina por otros carriles situados en el interior de sendas celosías de acero, que sirven a su vez de soporte de una cremallera de acero que cubre todo el recorrido y donde engranan dos ruedas dentadas a cada lado y movidas por sendos motores hidráulicos provistos de frenos de disco y accionados, a su vez, por una centralita hidráulica alojada en el patín o soporte bajo la cabina. Todo ello según puede verse en los planos.

De este modo, la cabina y su soporte o patín con la maquinaria están en equilibrio estático. Sólo se necesita una fuerza relativamente pequeña en comparación con las masas de cabina y contrapesos para desplazar hacia arriba o hacia abajo la cabina. Esta fuerza estará en función del número de pasajeros, ya que, los contrapesos compensan el peso de la cabina más el patín con mecanismos y la mitad de los pasajeros. Esta fuerza "desequilibradora" es proporcionada por los motores hidráulicos y transmitida a la cremallera fijada en ambos lados del camino de rodadura, y será ascendente o descendente. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Excmo. Ayuntamiento de La Coruña
Proyecto:	-Antonio Álvarez-Buylla Pardo -Vicente Alcón Vidal - EPTISA
Empresa constructora:	Dragados Auxiliar y General de Servicios, S.L.
Presupuesto:	Estabilización de Taludes Monte San Pedro: 310.355,06 euros Proyecto Elevador Panorámico: 3.971.898,23 euros
Fecha de acabado:	Diciembre 2005

CARACTERÍSTICAS

Obra:

- Recorrido lineal 100 m.
- Altura salvada 60 m.
- Velocidad de elevación. Entre 0,5 y 1 m/seg.
- Tiempo de recorrido 3 min. 20 seg.
- Peso del elevador 18 toneladas.



La recuperación medioambiental de la antigua cantera del Monte San Pedro y su integración en la ciudad supone un ejemplo de recuperación de un área abandonada tras la finalización de sus usos anteriores. Con esta actuación se establece una conexión entre dos áreas de esparcimiento de la ciudad, como lo son el Paseo Marítimo que se desarrolla a su pie y el parque del Monte de San Pedro en la cumbre del monte.

Mediante las obras se ha conseguido que un elemento degradado por su uso y abandono, se integre en un gran área de ocio en la que el ascensor panorámico se convierte en un foco principal además de cumplir su finalidad básica de servicio público como infraestructura de conexión de la prolongación del Paseo marítimo de A Coruña con la cima del Monte de San Pedro, su restaurante, el mirador y las diferentes áreas de ocio ubicadas en la misma.

El Monte de San Pedro es una elevación natural del terreno enfrentada con la elevación que acoge el símbolo de la ciudad, la Torre de Hércules. Ambas formaciones delimitan la entrada a la ensenada del Orzán donde encontramos las playas de Riazor y Orzán. Estas obras se enmarcan por tanto en un paraje de gran belleza natural.

Las características geográficas y geológicas de este monte han determinado sus usos a lo largo del siglo XX. Desde el punto de vista geográfico la elevación es un enclave estratégico ya que desde su cima se avista la costa coruñesa desde el Cabo Prior al este (a 25 km) hasta las Islas Sisargas al oeste junto a Malpica (35 km). Esta situación privilegiada dio pie al establecimiento de una batería de artillería compuesta por dos cañones de largo alcance. Con el paso del tiempo estas instalaciones quedaron obsoletas circunstancia que motivó la venta de los terrenos del



ejército al Ayuntamiento con la intención de este último de dotar a la ciudad de un espacio cultural-recreativo.

Geológicamente el Monte San Pedro se sitúa dentro de las intrusiones de leucogranito posterior a las primeras intrusiones graníticas en forma de granodiorita precoz de la primera fase de plegamiento hercínico. Estas intrusiones son previas a las granodioritas tardías que dominan la superficie de la ciudad salvo estas formaciones de leucogranitos, que conforman los bastiones costeros de la ciudad frente al mar. Así de este a oeste a través de la costa se suceden las siguientes elevaciones en esta formación: Monticaño (244 m), Monte dos Castelos (171 m) O Picoto 163, Monte de San Pedro (139), Torre de Hércules (104) y la Punta de Adormideras.

Las características de este granito y la cercanía a la ciudad determinaron la apertura de la cantera en la ladera Noreste del monte. Este granito junto con la maestría del antiguo oficio de cantería hizo posible la confección de losas para la pavimentación de las calles de A Coruña. Así la calle Real y otras calles emblemáticas

de la ciudad han lucido como pavimento el granito extraído de este talud.

La extracción poco planificada al ritmo de las necesidades, junto con la excavación de voladuras poco controladas y sin operaciones de contorno (precorte, recorte), determinó un talud errático con un perfil aparentemente regular donde tras la vegetación se escondían numerosas repisas con bloques de grandes dimensiones sueltos e inestables amen de multitud de fragmentos menores depositados entre ellos. Estas repisas son el producto de la ejecución de pequeños bancos de voladura ejecutados según la demanda de piedra.

Objetivo de la actuación

La situación anterior dio paso a la definición de las actuaciones que conjugaran los siguientes objetivos:

- Garantizar la seguridad de los usuarios del paseo marítimo.
- Respetar en lo posible la fisonomía del talud evitando actuaciones agresivas que hicieran olvidar el origen del talud.

- Conectar dos áreas de esparcimiento y ocio como son el Paseo Marítimo y el Parque del Monte San Pedro.

Para dar cumplimiento a estos objetivos se estableció la actuación concreta en dos fases:

- Estabilización y protección del talud del Monte de San Pedro.
- Elevador panorámico al Monte de San Pedro.

Estabilización y protección del talud del Monte de San Pedro

En el talud se presentaban dos zonas diferenciadas:

En una margen había que ejecutar la zona superior de recepción y el foso del ascensor y el resto la actuación se ceñía a las medidas de estabilización y protección de desprendimientos respetando la fisonomía del talud.

Excavación de la zona del ascensor

En las márgenes de la excavación de la rampa para la instalación del elevador, se encontraban macizos de roca fuertemente fracturada por la afección de las voladuras realizadas en la cantera. Como primer paso se realizó la excavación del foso del ascensor al objeto de



que el producto de voladura de la cabeza se recogiese en su mayor parte en el foso evitando la afección al paseo o incluso su caída al mar.

Para la definición de los taludes en la parte superior se realizó un precorte de los mismos con desigual resultado, por ello tras la excavación, las labores fundamentales consistieron en el sostenimiento de bloques y cuñas mediante bulonado.

Estabilización y protección de taludes

En el resto del talud se huyó de soluciones agresivas que escondieran la apa-

riencia primitiva del talud de la cantera. Así se evitó el uso de mallas, bulones y barreras de protección dinámicas, recurriendo a un sistema artesanal de movilización y desprendimiento de bloques mediante cuñas y gatos hidráulicos y limpieza del talud.

Como medida de protección adicional se dispusieron al pie del talud pantallas de protección estáticas con elementos adaptados a la urbanización del Paseo Marítimo, cuya ubicación se dispuso de acuerdo a las experiencias previas y las adquiridas durante la ejecución sobre las caídas de bloques y piedras menores.



Ascensor panorámico

La segunda fase de la actuación consistió en establecer un nexo de unión entre las dos zonas de esparcimiento revalorizando estas y su entorno, salvando los 63 metros de desnivel entre ambas plataformas al borde del mar apoyándose para ello en el talud de la cantera en un desarrollo de 100 m.

El ascensor resuelve las necesidades de acceso al parque de San Pedro de todas las personas que llegan a la base del monte, ya sea en tranvía, autobús, coche o cualquier otro medio, al mismo tiempo que desarrolla y aprovecha el potencial



panorámico y el singular atractivo de la zona, recuperando y minimizando el impacto ambiental de la antigua cantera. Con ello y con su diseño se ha conseguido que el ascensor se convierta en un elemento singular y de referencia en la ciudad.

El elevador se ha diseñado teniendo en consideración que debe convertirse en uno más de los elementos singulares que caracterizan a la ciudad. Se trata de un Elevador panorámico de geometría esférica, con superficie totalmente acristalada. La geometría esférica permite una visión óptima del privilegiado panorama que se puede contemplar desde el monte de San Pedro, abarcando gran parte de la ensenada del Orzán. El interior de la esfera está pensado para acomodar a un grupo de 25 viajeros, que, en general, realizarán el trayecto de pie.

El sistema consta de una cabina y su soporte más dos contrapesos que discurren a lo largo del recorrido a ambos lados del camino de rodadura unidos mediante cables a la cabina y su soporte. El ascenso hasta la cumbre se consigue mediante el deslizamiento del elevador sobre un camino de rodadura fijado a la propia montaña. El movimiento de elevación y descen-

so se realiza por tracción directa, mediante cuatro ruedas dentadas accionadas por sendos motores hidráulicos que engranan en dos cremalleras dispuestas a lo largo de todo el recorrido, paralelamente a los carriles.

Tal como se ha descrito, el aparato consiste en una cabina esférica sostenida por un chasis provisto de ruedas y motores que se desplaza arriba y abajo por unos carriles paralelos fijados a una estructura

de cimentación, de hormigón armado, fijada a la ladera del monte.

La cabina está contrapesada por dos contrapesos que se desplazan paralelamente entre sí y con la cabina por otros carriles situados en el interior de sendas celosías de acero, que sirven a su vez de soporte de una cremallera de acero que cubre todo el recorrido y donde engranan dos ruedas dentadas a cada lado y movidas por sendos motores hidráulicos provistos de frenos de disco y accionados, a su vez, por una centralita hidráulica alojada en el patín o soporte bajo la cabina. Todo ello según puede verse en los planos.

De este modo, la cabina y su soporte o patín con la maquinaria están en equilibrio estático. Sólo se necesita una fuerza relativamente pequeña en comparación con las masas de cabina y contrapesos para desplazar hacia arriba o hacia abajo la cabina. Esta fuerza estará en función del número de pasajeros, ya que, los contrapesos compensan el peso de la cabina más el patín con mecanismos y la mitad de los pasajeros. Esta fuerza "desequilibradora" es proporcionada por los motores hidráulicos y transmitida a la cremallera fijada en ambos lados del camino de rodadura, y será ascendente o descendente. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Excmo. Ayuntamiento de La Coruña
Proyecto:	-Antonio Álvarez-Buylla Pardo -Vicente Alcón Vidal - EPTISA
Empresa constructora:	Dragados Auxiliar y General de Servicios, S.L.
Presupuesto:	Estabilización de Taludes Monte San Pedro: 310.355,06 euros Proyecto Elevador Panorámico: 3.971.898,23 euros
Fecha de acabado:	Diciembre 2005

CARACTERÍSTICAS

Obra:

- Recorrido lineal 100 m.
- Altura salvada 60 m.
- Velocidad de elevación. Entre 0,5 y 1 m/seg.
- Tiempo de recorrido 3 min. 20 seg.
- Peso del elevador 18 toneladas.



El principal acceso a Rivas, en el primer tramo de enlace entre autovía Madrid-Valencia y la glorieta principal de distribución, es un sector desarticulado y escasamente representativo del Municipio. La superposición de usos distintos de pequeña escala, acumulación de señales comerciales y falta de referentes, transmite una imagen descuidada y poco atractiva, que contrasta con lo que debiera entenderse como puerta a uno de los Municipios más dinámicos de la Comunidad.

Para la remodelación del acceso existente, se proyectó un paso inferior desde el nuevo enlace de la N-III pasando por la Avenida de los Almendros hasta la glorieta en la calle Fundición, con dos carriles de entrada a Rivas y uno de salida, y un carril por sentido en superficie en la mencionada Avenida de los Almendros. De esta manera, gran parte del tráfico de entrada a Rivas pasaba directamente a la mencionada calle Fundición, disminuyendo el tráfico en la glorieta de acceso en superficie.

Se hizo necesaria la construcción de tres nuevas estructuras en la Glorieta de acceso, para la implantación de los tres pasos inferiores en dicha glorieta, que se ejecutaron con tablero losa "in situ" sobre vigas artesas prefabricadas garantizando así una mejor estética a la vez que disminuyendo considerablemente problemas para el mantenimiento del tráfico. También se ejecutó con la misma tipología estructural la pasarela peatonal a implantar en la Avenida de los Almendros.

El símbolo de Rivas

Sobre la red de pasos inferiores se proyecta un elemento de crecimiento vertical y gran desarrollo, fácilmente perceptible desde la autovía según la escala de



la velocidad de automóvil. La percepción nocturna ha sido objeto de especial reflexión, dado que el entorno viario sufre una sobrecitación de reclamos visuales.

El símbolo de Rivas actúa por contraste, depuración y sencillez de su forma y el "silencio" de su presencia.

Se trabaja atendiendo a la dualidad de la visión lejana y próxima, metropolitana y local. Rivas se simboliza para el tráfico de la autovía a través del tamaño y esbeltez del hito, haciéndose visible en el conjunto del orden metropolitano. A la velocidad del conductor, el elemento funciona por sencillez y facilidad de visualización. La configuración vertical se muestra igualmente eficiente en su relación con el interior del municipio, por contraste con su carácter marcadamente horizontal y carente de elementos de referencia y contraste.

El conflicto entre escala próxima y lejana se resuelve introduciendo un nuevo factor de distinción: el apoyo, que singulariza y hace único este elemento vertical, trazando un movimiento espiral que nace

de unas fuertes caídas de agua, según un gesto expresivo del movimiento de circulación entorno a la glorieta. Esta solución permite ofrecer desde la escala próxima una imagen dinámica de la figura, sumando el movimiento del agua a la percepción cambiante del conjunto según se desplaza el punto de vista, con especial atención a la experiencia de atravesar la glorieta por el paso inferior, debajo de la estructura.

El sentido dinámico de la propuesta también se refleja en su capacidad escenográfica. Durante el día presentará un aspecto cambiante en función de la variabilidad de la iluminación natural. Al llegar el crepúsculo el hito comienza a iluminarse gradualmente, hasta configurar un haz de luz quebrado, envuelto en nubes de agua pulverizada.

El motivo básico de toda la propuesta, la espiral, es un elemento de por sí históricamente simbólico y representativo de crecimiento, dinamismo y prosperidad, así como de "puerta" o "guardián de la misma". Existe además una voluntad de expresar a través de la singularidad de la forma la capacidad de superar lo adverso y revertir condiciones desfavorables para generar nuevas expectativas, en un reflejo de la asombrosa transformación vivida por el Municipio y su imagen en su historia reciente.

Fuente

La fuente que sirve de apoyo al arranque del elemento vertical, está formada por una lámina de agua de 60 cm, en cuyo interior se instalará una canal de 1m de anchura, donde se disponen los siguientes surtidores:

- Nube de pulverización, en un trazado de 10 m de longitud y potencia para



alcanzar 3 m de altura, formada mediante 90 toberas de pulverización de 8mm de diámetro de salida, con capacidad para realizar movimientos de aparición y desaparición.

- Surtidores de aportación de agua adicional, para aportar caudal para la correcta formación de la cascada en caso de que los surtidores de pulverización no estén en funcionamiento.
- 16 surtidores con toberas de 50 mm de diámetro de salida y altura de chorro de 3 m, con capacidad de efectuar movimientos de aparición y desaparición, controlados mediante programa informático.

La iluminación se ha proyectado en función de las zonas:

- Luz de color en la nube de pulverización, mediante la instalación de 20 proyectores subacuáticos, con tres lámparas halógenas de 50 w/12v.
- Luz blanca para los surtidores principales, mediante la instalación de 32 proyectores subacuáticos, con una lámpara halógena 50 w/12v.
- Luz blanca en la base de la rampa para iluminación de la caída de agua, mediante la instalación de 46 proyectores subacuáticos, con una lámpara halógena 50 w/12v.

La caída de agua se recoge en canales de 1,20 m de anchura, ejecutados en hormigón, y que se conectan mediante tuberías de PVC al depósito de compensación en la sala de máquinas. La fuente

al otro lado del apoyo, repite el mismo esquema adaptado a su geometría. Para esta zona, los surtidores principales se sustituyen por otros con tobera especial compuesta por 16 salidas de agua de 5 mm de diámetro, alcanzando 35 cm de altura. Cada surtidor incorpora un proyector de led de luz blanca.

Elemento referencial

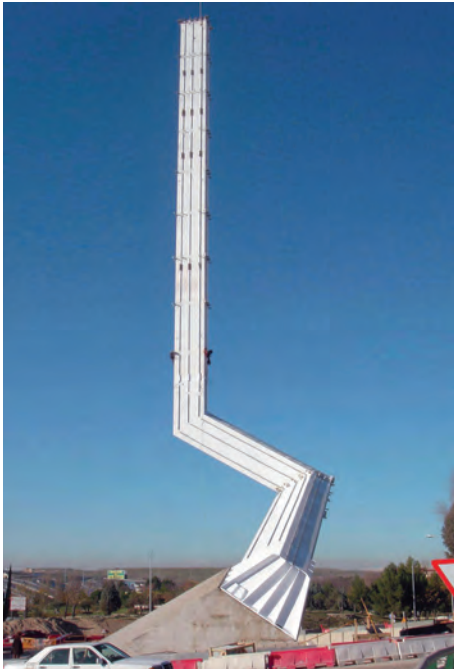
Dada la altura, el peso y los voladizos de la estructura del hito, se producía un momento de vuelco sin mayorar de 3.500 Tn, además, la presencia próxima del paso inferior impedía la ejecución de una zapata de grandes dimensiones, por lo que se hizo necesario enterrar la cimentación hasta 6m por debajo del arranque del hito. Consiste en una zapata de hormigón armado, enterrado a 6 m de profundidad. Desde la cimentación hasta el arranque del elemento referencial se dispone de una transición de hormigón armado de 4.00 m de altura

El arranque de la estructura se ha diseñado con hormigón armado. Para contrarrestar los esfuerzos transmitidos por la estructura se disponen 44 barras de tesado de 4.00 m de longitud y 40 mm de diámetro nominal y 4 barras de 1.70 m de longitud y 40 mm de diámetro. En la parte superior del arranque, se dispone una chapa de anclaje de 20 mm de espesor que junto con una plantilla intermedia asegura la perfecta disposición de las 48 barras de tesado.

La estructura metálica está compuesta por tres tramos de 14.45 m, 11.50 m y 35.15 m de longitud. El primero, de sección trapezoidal, con chapa de 35 mm, el segundo de sección trapezoidal de 1.30 x 2.30 m, con chapa de 25 mm de espesor; en el tercer tramo de sección rectangular de 1.30 x 2.20 m, se disponen dos secciones iguales de 25 mm y 15 mm.

Concéntrico a la estructura metálica y con una separación de 25 cm, se dispone un revestimiento exterior consistente en un tejido "LAMELLE" de acero inoxidable de 5.15 kg/m² con una superficie





abierto de 44,3%. El paralelismo de cada panel sobre la cara correspondiente del elemento referencial, fundamenta en la tensión ejercida desde los extremos de cada panel mediante elementos tensores que permiten trabajar a tracción todos los cables que conforman la urdimbre del tejido.

Se ha diseñado la iluminación del elemento referencial por medio de unos anillos de leds distribuidos proporcionalmente en su contorno. Estos LEED, permiten la iluminación en cualquier color, y una vez programados, se puede conseguir una amplia variedad de efectos y combinaciones. En la parte superior del elemento referencial, también se ha colocado un pararrayos y una luz de aviso a aviones con alimentación independiente doble en constante iluminación.

Fuentes en cascada

Se trata de dos fuentes cibernéticas ornamentales situadas a ambos lados del viario del Paso Inferior. La citada rotonda se encuentra dividida en su parte central por un eje viario que la parte en dos mitades. En cada una de estas mitades se encuentra instalada una fuente en forma

aproximadamente de media luna, cada una de estas fuentes está compuesta por rampas, estanques y canales en distintos niveles. Funcionan en circuito cerrado, no precisándose más aporte de agua que el necesario para reponer las pérdidas causadas por la evaporación y el viento. La ejecución de la infraestructura hidráulica y eléctrica de ambas es totalmente modular, soportándose las válvulas y toberas en las tuberías de distribución, que al igual que los proyectores quedan sumergidas en el agua. Las fuentes, se encuentran ins-

taladas a ambos lados de una rotonda aproximadamente ovoidal con dimensiones de 60 x 45 m, contando con un desnivel total de aproximadamente 5 m.

La fuente se sitúa en una superficie en forma aproximada de media luna que se encuentra en un plano inclinado que salva un desnivel de aproximadamente 6 m de altura. La superficie tiene un ancho máximo de 6 m y una longitud máxima de aproximadamente 25 m.

Se ha previsto la iluminación de la fuente con luz blanca y luz de color. ◆

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Excmo. Ayuntamiento de Rivas Vaciamadrid -Alejandro Cuesta (Director Infraestructuras)
Proyecto:	Habitat Proiac, S.L. -Pablo Rodríguez García - Dirección de Obra
Empresa constructora:	Ute Cimsa-Constructora San Jose, S.A -Javier Ansorena - Ing. Caminos, Canales y Puertos
Presupuesto:	7.171.886,45 euros
Fecha de acabado:	Diciembre 2005

CARACTERÍSTICAS

Obra:

El símbolo de Rivas lo constituye un elemento de crecimiento vertical y gran desarrollo, apoyado en una fuente con lámina de agua de 60 cm.



El proyecto de Playas Artificiales de Antofagasta es parte del Plan Bicentenario bajo el cual se está aplicando en varias ciudades chilenas un programa de mejoramiento de las condiciones de habitabilidad que tiene como fecha de culminación el año 2010. En Antofagasta uno de los aspectos más importantes abordados por el Plan ha sido la recuperación del borde costero de la ciudad a través de un conjunto de obras que buscan lograr un mejor acceso al mar para la población, habilitar playas y descontaminar varios puntos del litoral. Para lograr ese propósito se construyeron defensas costeras, se hicieron desrocamientos y se rellenó algunos sectores con arena. En el caso de El Carboncillo esto significó además un importante mejoramiento ambiental debido a que esta playa estaba seriamente contaminada con plomo.

Antofagasta se sitúa en la costa de un árido desierto. La totalidad de su área urbana de 22 kilómetros de longitud, por la conformación dada por los cerros de la Cordillera de la Costa, se encuentra cercana al mar. A pesar de esta característica, en el año 1998 la ciudad contaba sólo con 5,6 km de borde costero habilitado con paseos o balnearios, en su mayor parte concentrados en el sector sur de la ciudad. Por otro lado, el 90% de estas instalaciones estaba en condiciones de deterioro por falta de mantenimiento y por el término de la vida útil de las inversiones, realizadas en su gran mayoría hacía más de 20 años. Además, la condición climática hace que los parques y plazas sean difíciles de mantener y por tanto sean más escasos que en otras urbes. Por ello, potencialmente, el principal sitio recreacional de Antofagasta es su litoral. Sin embargo, la costa urbana carece de playas natura-





les y además estaba seriamente contaminada. Eso dió pie para que uno de los aspectos abordados por el Plan fuese un programa de recuperación ambiental que junto con ser aplicado, se hiciese cargo de la falta de lugares de esparcimiento que adolece la ciudad.

Antofagasta, contaba el año 1998 con un solo balneario habilitado (Balneario Municipal), con un frente de playa de 80 metros y un área de arena solanera de 2400 m² con capacidad para recibir a 600 personas/día. El proyecto Playas Artificiales contemplaba habilitar dos balnearios nuevos, uno en el sector norte (Trocadero) y uno en el sector

central (El Carboncillo), y mejorar el existente en el sector sur (Balneario Municipal). Con el proyecto de mejoramiento y habilitación de playas, la ciudad contará con 535 m lineales de frente de playa, lo que implica un incremento de 6,7 veces lo disponible antes de la ejecución del Plan.

El origen de la situación ambiental de Antofagasta está ligado a su rol dentro de la economía del país. La ciudad es el centro de una vasta región minera y desde su anexión al territorio chileno a partir de 1879, su puerto ha servido de lugar de embarque de minerales. Primero fueron las cargas de fertilizantes mine-

rales (salitre) que se embarcaban desde varios muelles pequeños, luego cobre y otros metales. Al incorporarse Antofagasta a la economía del país, empezó a recibir embarques de carbón que fue uno de los primeros contaminantes de su costa. Más tarde se empezó a desembarcar combustibles causando frecuentes derrames en las aguas litorales y también contaminación por parte de estanques de almacenamiento ubicados cerca del frente marítimo que filtran petróleo al subsuelo.

De acuerdo al Tratado de Paz de 1904 firmado con la República de Bolivia, Chile se comprometió a habilitar parte de las instalaciones portuarias de Antofagasta para el embarque de los minerales que produce ese país. Entre ellos, concentrados de plomo. Mediante este acuerdo, Bolivia, puede mantener todavía hoy cargas en el puerto sin pagar almacenaje y con escaso control por parte de las autoridades chilenas. Desde el año 1904, la empresa Ferrocarril de Antofagasta a Bolivia (FCBA) ha utilizado sus terrenos en la ciudad para el acopio de minerales. Una vez depositado en el puerto, el plomo permanecía por extensos períodos de tiempo. Esto llegó a provocar gran alarma en la ciudad (1998-99), obligando a las autoridades regionales a tomar medidas para remediar esa situación. Durante los años 1998 al 2003, se llevó a cabo el Plan de Saneamiento Ambiental del borde costero de la ciudad de Antofagasta, lo



cual permitió eliminar los emisarios de aguas servidas que vertían directamente en la costa. Hoy se vierten previamente tratadas. En los años siguientes y dentro del Plan Bicentenario, se comenzaron a desarrollar varios proyectos de equipamiento urbano tendientes a mejorar la avenida costanera y el Balneario Municipal. Entre los proyectos privados está la conversión de una antigua zona de muelles en paseos públicos y centros comerciales.

Con el mejoramiento del Balneario Municipal se logró la primera experiencia a nivel nacional en la implementación de una playa artificial. La playa que existía originalmente se amplió tanto en su frente como en superficie inyectando arena de empréstito. Posteriormente, se construyeron dos playas artificiales más. Una de éstas, El Carboncillo. El principal beneficio de esta obra es el rescate de un lugar estaba contaminado con plomo producto de las descargas y de acopio de minerales de las actividades portuarias.

Antes de comenzar con las obras en El Carboncillo, se realizaron estudios medioambientales tomando muestras del fondo marino y estudiando la diversidad



ecológica. Posteriormente se llevó a cabo una limpieza tanto del fondo de playa como de la orilla retirando la arena contaminada con plomo. Una vez extraído todo el material contaminado, se comenzó a ejecutar las obras de ingeniería, fundamentalmente la construcción de la escollera y posteriormente se inyectó arena para constituir una playa con una superficie aproximada de 20.000 m².

La playa El Carboncillo ha cambiado su nombre por "Playa Paraíso". Esta, junto con el Balneario Municipal y Playa Trocadero recibieron en el verano del 2006 a una gran cantidad de usuarios que pueden disfrutar del mar en completa seguridad.

El proyecto tiene como objetivo fundamental generar una nueva playa, con una ampliación de la longitud de la orilla de la playa, con un fondo continuo





de arena y condiciones de seguridad adecuadas para los bañistas. Estos objetivos se logran con la construcción de los nuevos molos Sur y Central, la remoción de la roca del fondo, retiro del material contaminado a vertederos autorizados y el relleno con arena de empréstito.

Las obras marítimas consisten en la construcción de:

- Molo Central y Sur.
- Rellenos Artificiales.
- Remoción de Rocas Sumergidas.
- Remoción de la Arena Contaminada.
- Cierre Definitivo del Emisario

El Molo Central arranca en la zona central de la playa El Carboncillo, sobre el sumidero existente, tiene 145 m de longitud, la cota de la plataforma de trabajo se mantiene constante en 2,5 m sobre el nivel N.R.S a lo largo de todo el tramo. El segundo tramo tiene 60 m de longitud y la cota de la plataforma de trabajo se mantiene también a 2,5 m.

El Rompeolas Sur arranca en la zona del terminal pesquero del Puerto de Antofagasta y tiene 305 m de longitud, divididos en tres tramos. El primer tramo es recto de 67 m de longitud constante en

todo el tramo. El segundo tramo es recto al igual que el primero de 99 m de longitud y la cota de la plataforma de trabajo es de 3.5 m, constante en todo el tramo. El tercer tramo es curvo en sentido horario de 139 m de longitud, la cota de la plataforma de trabajo es de 3,5 m.

El relleno artificial para el área de servicios se constituye con tierra o material de relleno general y hasta la cota +3.0 m. El relleno artificial para formación de las playas está constituido principalmente de arena clara tipo el Balneario Muni-

cipal. La playa Sur tiene una longitud de orilla de 190 m; con una capacidad de uso de unos 1.000 bañistas simultáneamente. El relleno artificial de 55.000 m³ de tierra o relleno convencional, se distribuye para obtener la geometría requerida para la conformación del área de servicios. El relleno con arena seleccionada de 69.500 m³, se ejecuta solamente en el área de las playas, este material se trajo del sector la rinconada en Antofagasta.

De acuerdo con los estudios y mediciones realizados, las arenas existentes en el fondo y la orilla de la playa El Carboncillo correspondían a arenas altamente contaminadas con Plomo. La medida preventiva más eficaz para asegurar que los bañistas usuarios de la playa no sean afectados por dicha contaminación, es el relleno con tierra y arena de empréstito contemplado en el proyecto. Esta medida se complementa con la excavación y dragado de la arena contaminada. Completadas la excavación y dragado de la arena existente y ejecutados los rellenos de arena y tierra, el fondo de la nueva playa quedó totalmente constituido por arena que está periódicamente en movimiento y redistribución por acción de los oleajes. ♦

FICHA TÉCNICA

Promotor:	Unidad Técnica: Dirección de Obras Portuarias (MOP) -Alejandro Cuesta (Director Infraestructuras)
Proyecto:	Incostas, S.A. -Juan B. Font Tono - Ingeniería
Empresa constructora:	Empresa Constructora Contex Ltda -Javier Ansorena - Ing. Caminos, Canales y Puertos
Presupuesto:	11.067.660 Euros
Fecha de acabado:	

CARACTERÍSTICAS

Obra:

El proyecto contempla:

- Rectificar dos balnearios nuevos.
- Mejorar el existente
- Crear 535 m de puente de frente de playa

